
ريتشارد دوكنز
سحر الواقع
كيف نعرف حقيقة الواقع؟
ترجمة: عنان علي الشهاوي
التنوير
@ketab_n
10.11.2014

ريتشارد داوكنز

سحرُ الواقع

كيف نعرف حقيقة الواقع؟

رسوم: ديف ماكّين

ترجمة

عنان علي الشهاوي



ريتشارد داوكنز

سحرُ الواقع

كيف نعرف حقيقة الواقع؟

الكتاب: سحر الواقع
المؤلف: ريتشارد داوكنز
المترجم: عدنان علي الشهاوي
رسومات: ديف ماكين
عدد الصفحات: 280 صفحة

رقم الإيداع: 2013/9988
الترقيم الدولي: 1-48-582-9953-978

هذه ترجمة كتاب
The Magic of Reality

الطبعة الأولى: 2013

الناشر:

التنوير للطباعة والنشر والتوزيع

لبنان: بيروت - الجناح - مقابل السلطان ابراهيم
سنتر حيدر التجاري - الطابق الثاني - هاتف وفاكس: 009611843340
مصر: القاهرة - وسط البلد - 8 شارع قصر النيل - الدور الأول - شقة 10
هاتف: 0020227738931 - 00201007332225
فاكس: 0020227738932
تونس: هاتف: 0021674407440
بريد إلكتروني: darattanweertunis@gmail.com

بريد إلكتروني: darattanweer@gmail.com
موقع إلكتروني: www.dar-altanweer.com

المحتويات

الفصل الأول

ما الواقع؟ ما السحر؟



الواقع هو كل ما له وجود، ويتحقق على الدوام، أليس كذلك؟ لكن الأمر ليس كذلك، هناك مشاكل عديدة. ماذا عن الديناصورات التي كانت موجودة ذات يوم ولم يعد لها وجود الآن؟ ماذا عن النجوم سحيقة البعد والتي بمرور الوقت، يصل إلينا ضوؤها بينما لا نستطيع رؤيتها، وربما تكون قد تلاشت؟

سوف نصل إلى الديناصورات والنجوم بعد فترة. لكن على أية حال كيف نعرف أن الأشياء موجودة، حتى في الوقت الراهن؟ حسنٌ، تلعب حواسّنا الخمس: البصر، الشم، اللمس، السمع، والتذوق، وظيفة جيدة بارعة في إقناعنا بواقعية أشياءَ عديدةٍ؛ الصخور والجِمال، حشائش العلف الجديدة والبن المحمَّص المطحون، ورق السنفرة والقماش الناعم، الشلالات وأجراس الأبواب، والسكّر والملح. لكن هل نحن فقط من يُطلق على شيء ما تعبير «واقع» طالما نستطيع اختباره بإحدى حواسّنا؟

ماذا عن مَجَرَّة بعيدة، بالغة البعد إلى حد تتعذر معه رؤيتها بالعين المجردة؟ ماذا عن نوع من البكتيريا، صغيرة الحجم إلى درجة لا يمكن رؤيتها بلا ميكروسكوب قوي؟ هل يتعين أن نقول إن هذه أشياء لا وجود لها لأننا نعجز عن رؤيتها؟ كلّا. من الواضح أننا نستطيع تدعيم حواسّنا من خلال استخدام أدوات معينة: التليسكوبات للمَجَرَّة، أو الميكروسكوبات للبكتيريا. ولأننا نفهم التليسكوبات والميكروسكوبات وطريقة عملهما، يمكننا استخدامهما لتوسيع مجال حواسّنا. في هذه الحالة، فإن حاسة النظر ـ وما تتيحه لنا من رؤية ـ تقنعنا بوجود المَجَّرات والبكتيريا.

ماذا عن موجات الراديو؟ هل هي موجودة؟ لا تستطيع عيوننا اكتشافها، ولا آذاننا، لكن مرة أخرى، فإن أجهزة معينة، كالتليفزيون ـ مثلا ـ تحوِّلها إلى إشارات نستطيع بها رؤيتها وسماعها. لذلك، رغم

أننا لا نستطيع مشاهدة أو سماع موجات الراديو، فإننا نعلم أنها جزء من الواقع. وكما في حالة التليسكوبات والميكروسكوبات، نفهم كيفية عمل أجهزة الراديو والتليفزيون. لذلك فإنها تساعد حواسّنا في بناء صورة عما له وجود: العالم الحقيقي ـ الواقع. فالتليسكوبات التي تعمل بموجات الراديو والتليسكوبات التي تعمل بالأشعة السينية، والنجوم والمجرات من خلال ما يبدو أنه عيون مختلفة. تمنحنا وسيلة أخرى لتوسيع رؤيتنا للواقع.

بالعودة إلى الديناصورات، كيف لنا أن نعلم إن كانت في وقت ما تطوف في أرجاء الأرض؟ فلم يحدث لنا أبدًا أن رأيناها أو سمعناها أو ركضنا بعيدا هربا منها. للأسف، ليست لدينا آلة للزمن لتعرضها لنا مباشرة. لكن لدينا هنا نوع مختلف لمساعدة حواسنا؛ لدينا حفريات، نستطيع رؤيتها بالعين المجردة. والحفريات لا تجري أو تقفز، لكن بمقدورها أن تدلّنا على أشياء حدثت منذ ملايين السنين، لأننا نفهم كيف تكوّنت الحفريات، ونفهم كيف أن الماء، بالمعادن التي ذابت فيه، كان يتسرب إلى جثثها، المدفونة في طبقات من الطمي والصخر، ونفهم كيف تتبلر المعادن خلال الماء لتحل بدلا من معادن الجثة؛ ذرة ذرة، تاركة بعض المسارات من شكل الحيوان الأصلي المطبوع على الأحجار. لذلك، ورغم أننا لا نستطيع رؤية الديناصورات مباشرة بحواسنا، فإننا نستطيع أن نستنتج أنه لابد أنّ لها وجودًا، باستخدام أدلة غير مباشرة لاتزال تصل إلينا في النهاية عبر حواسنا. فنحن نشاهد ونلمس المسارات الصخرية للحياة القديمة.

وبمعنى آخر، يمكن للتليسكوب أن يعمل كأنه آلة للزمن. فما نراه عندما ننظر لشيء ما، هو بالتأكيد ضوء، ويحتاج الضوء إلى وقت أثناء انتقاله. وحتى عندما تنظر إلى وجه صديق لك فأنت تراه في زمن مضى. لأن الضوء المنتقل إليك من وجهه يأخذ جزءا ضئيلا من الثانية ليصل إلى

عينيك. بينما الصوت ينتقل بسرعة أقل كثيرا، وهذا سبب أنك ترى فرقعة نارية تحدث في الفضاء بوضوح قبل أن تسمع دويّها. وعندما تراقب رجلا يقطع شجرة بفأس على مبعدة منك، تلاحظ تأخرا في صوت ضربات الفأس التي تنهال على الشجرة.

ينتقل الضوء بسرعة هائلة حتى إننا عادة نفترض أن كلّ ما يحدث نراه في لحظة حدوثه نفسها. أما النجوم فمسألة أخرى، فحتى الشمس لا يصل ضوؤها إلينا إلا بعد ثماني دقائق. وإذا ما انفجرت الشمس فلن يصبح هذا الحدث الكارثي جزءا من واقعنا إلا بعد ثماني دقائق. وستكون هذه نهايتنا!

أما عن أقرب نجم لنا، بروكسيما سنتوري Proxima Centauri، فما تراه منه في عام 2012، هو ما كان يحدث في عام 2008. فالمجرات مجموعات هائلة من النجوم. ونحن نقع في مجرة تسمى درب التبانة Milky Way، وعندما تنظر للجارة المباشرة لدرب التبانة، مَجَرّة أندروميدا Andromeda، فإن تليسكوبك آلة زمن تعود بك إلى الوراء بمقدار مليونين ونصف المليون سنة. وثمة عنقود من خمس مجرات يُسمى خماسية ستيفان Stephan Quintet، التي نراها من خلال تليسكوب هابل Hubble تتصادم أطيافها الواحد مع الآخر منذ 280 سنة مضت. وإذا كان هناك غرباء في واحدة من تلك المجرات المتصادمة، وباستخدام تليسكوب قوي يتيح لنا رؤيتها، فما سنراه ونحن على كوكب الأرض، في تلك اللحظة، هنا والآن، هو الأسلاف الأوائل للديناصورات.

هل يوجد حقا غرباء في الفضاء الخارجي، لم نشاهدهم أو نسمع عنهم قط؟ هل هم جزء من الواقع؟ لا أحد يعرف؛ لكننا نعلم نوعية الأشياء التي بمقدورها ذات يوم أن تخبرنا عنهم. وإذا ما حدث واقتربنا من أحد الغرباء، فإن حواسّنا ستدلنا عليه. ولربما أمكن لشخص ما ذات

يوم اختراع تليسكوب قوي يتيح من موقعنا اكتشاف الحياة على كواكب أخرى. أو ربما تتمكن تليسكوباتنا التي تعمل بموجات الراديو من التقاط رسائل من الممكن فقط أن تصل من غريب قادر على الإدراك. ولأن الواقع لا يشتمل فقط على الأشياء التي نعرفها عنه حاليا، فإنه يتكوّن أيضا من أشياء لها وجود، لكننا لا نزال لا ندركها حتى الآن ولن نعرف شيئا عنها حتى في زمن قادم، ربما حتى ننشئ أدوات أفضل تعزّز حواسنا الخمس.

الذرات كانت موجودة على الدوام، لكن ـ وفقط ـ في زمن حديث أصبحنا ندرك وجودها، ومن المحتمل لمن سيخلفوننا أن يعرفوا أشياء أخرى كثيرة لا علم لنا بها في الوقت الراهن. تلك هي بهجة وروعة العلم: إنه يستمر ويستمر كاشفا عن أشياء جديدة. ولا يعني هذا أنه يتعين أن نؤمن بأي شيء قد يحلم به شخص ما: هناك مليون شيء يمكن لنا أن نتخيله لكنه بعيد الاحتمال عن الواقع: الجنيّات والعفاريت، الجان والحيوانات الخرافية. وينبغي علينا دائما أن نكون منفتحين عقليا، لكن السبب الوحيد المناسب للاعتقاد في وجود شيء ما؛ هو الأدلة الحقيقية عليه.

النماذج: اختبار ما نتخيله

ثمة وسيلة أقل شيوعًا تتيح لأي عالِم استنتاجَ ما هو واقع إذا لم تستطع حواسنا الخمس اكتشافه مباشرة. ويتم هذا من خلال استخدام «نموذج» لما ينبغي أن يحدث، وهو ما يتيح بالتالي اختباره. نحن نتخيل ـ يجب أن تقول نحن نظن ـ ما يتعين أن يكون هناك. وذلك هو ما يُسمى بـ النموذج. وحينئذ نستنتج ـ غالبا بإجراء حسابات رياضية ـ ما ينبغي أن نراه، أو نسمعه... إلخ، (بمساعدة أدوات قياس) إذا ما كان النموذج حقيقيًا. حينئذ نفحص إن كان ذلك هو ما رأيناه فعليا. وقد يكون النموذج

بالفعل صورة طبق الأصل مصنوعة من الخشب أو البلاستيك، أو ربما صياغات رياضية على الورق، أو مجرد محاكاة في جهاز كمبيوتر. وننظر بدقة إلى النموذج ونتنبأ بما ينبغي أن نرى أو نسمع...، إذا كان النموذج صحيحا. ثم ننظر لنرى إذا ما كان التنبؤ صائبًا أم خاطئًا. فإذا كان صوابًا، زادت ثقتنا في أن النموذج يمثّل الواقع حقًّا؛ حينئذ نستمر لتصميم المزيد من التجارب، لعلّ دقة النموذج تزداد، من أجل تحقيق نتائج موثوق بها والبناء عليها. وإذا جاءت التنبؤات خاطئة، نرفض النموذج، أو نُعدّله ونكرر المحاولة.

كمثال على هذه النقطة، في هذه الأيام، نعلم أن الجينات ـ وحدات الوراثة ـ تُسمى الـ دي إن إيه ـ DNA. ونحن لدينا قدر هائل من المعرفة عن هذه الوحدات وطريقة عملها. لكنك لا تستطيع أن ترى تفاصيل مظاهرها، حتى من خلال ميكروسكوب قوي. فكل ما نعرفه تقريبا عنها يأتينا على نحو غير مباشر من نماذج مخترعة نُخضِعها للاختبار.

في واقع الأمر، منذ فترة طويلة قبل أن يسمع أي شخص شيئا عن الـ DNA، كان العلماء يعرفون الكثير عن الجينات باختبار تنبؤات من النماذج. وفي القرن التاسع عشر، أجرى راهب نمساوي يدعى جريجور مندل Gregor Mendel عدة تجارب في حديقة الدير حيث يقيم، لاستنبات حبوب البازلاء بكميات كبيرة. وأحصى عدد النباتات ذات الزهور متعددة الألوان، أو النباتات التي تحتوي على حبات بازلاء مجعدة وتلك المحتوية على حبّات ناعمة الملمس، حسب أجيالها. ولم يكن مندل قد رأى جينا أو لمسه من قبل. كان كلُّ ما رآه هو حبات البازلاء والأزهار، وأمكنه استخدام عينيه ليعُدَّ الأنواع المختلفة منها. واخترع نموذجا، يشتمل على ما نسميه الآن جينات رغم أن مندل لم يُطلق عليها هذا الاسم ـ واستنتج أنه، في حال صحة هذا النموذج، في تجربة استنبات معينة، يتعين وجود حبيبات

ناعمة يبلغ عددها ثلاثة أمثال الحبوب المجعدة. وكان ذلك هو ما وجده حين أحصى الحبيبات. وإذا ما نحّينا التفاصيل جانبًا، فالأمر الأساسي أن «جينات» مندل كانت اختراعًا من خياله، لم يكن بمقدوره رؤيتها بعينيه، ولا حتى باستخدام ميكروسكوب. لكنه استطاع رؤية حبيبات بازلاء ناعمة وأخرى مجعدة، وفي أثناء إحصائها وجد دلائل غير مباشِرة على أن نموذجه عن الوراثة كان تمثيلا جيدا لشيء ما في دنيا الواقع. واستخدم العلماء في ما بعد تعديلا لطريقة مندل، يصلح مع الكائنات الحية الأخرى مثل ذبابة الفاكهة بدلا من حبوب البازلاء، لبيان أن الجينات تتوزع في ترتيب محدد، على طول خيوط تسمى الكروموسومات _ لدينا نحن بني الإنسان 46 كروموسوما، ولدى ذبابة الفاكهة ثمانية ـ حتى إنه بات من المتاح، عن طريق فحص النماذج، استنتاج الترتيب الدقيق الذي تتوزع به الجينات على طول الكروموسومات. ولقد جرى كل هذا قبل أن نعرف أن الجينات مصنوعة من الـ DNA.

في أيامنا هذه، نعرف هذا، ونعلم تماما كيف تعمل الـ DNA، بفضل جيمس واطسون James Watson وفرنسيس كريك Francis Crick، إضافة إلى عدد كبير من العلماء الآخرين الذين جاءوا بعدهما. ومرة أخرى لم يستطع واطسون وكريك رؤية الـ DNA بالعين المجردة، وصنعا اكتشافاتهما عبر تخيُّل النماذج واختبارها. وفي حالتيهما، قاما حرفيًّا ببناء نماذج من المعدن والكرتون لما يمكن أن يشبه الـ DNA، وأجريا حسابات لما ينبغي أن تكون عليه قياسات معينة إذا كانت تلك النماذج صحيحة. وجاءت تنبؤاتهما لأحد النماذج، المسمى الحلزون المزدوج، مطابقة تمامًا لقياسات قامت بها روزالين فرانكلين Rosalind Franklin وموريس ويلكنز Maurice Wilkins، باستخدام أدوات خاصة تشتمل على الأشعة السينية الموجهة إلى بلّورات الدي إن آي المصفّاة.

وتأكد واطسون وكريك في الحال من أن نموذجهما عن تركيب الـ DNA سوف يسفر تمامًا عن نوع النتائج التي شاهدها جريجور مندل في حديقة الدير.

لقد توصلنا إلى معرفة ما هو واقع، حينئذ، بواحدة من ثلاث طرق. ونستطيع اختبار إحداها مباشرة، باستخدام حواسنا الخمس؛ أو على نحو غير مباشر باستخدام حواسنا المدعومة بأجهزة معينة مثل الميكروسكوبات والتليسكوبات، أو حتى بشكل غير مباشر أكثر من هذا، بخلق نماذج لما ينبغي أن يكون واقعًا، ومن ثم اختبار تلك النماذج لنرى ما إذا كانت تنجح في التنبؤ بالأشياء التي نستطيع أن نراها (أو نسمعها أو...). بمساعدة الأجهزة أو من دونها. في النهاية، دائما ما يعود الأمر إلى حواسنا، بطريقة أو بأخرى.

هل يعني هذا أن الواقع يحتوي فقط على أشياء قابلة للاختبار، على نحو مباشر أو غير مباشر، بحواسنا أو من خلال طرائق العلم؟ وماذا عن أشياء أخرى من نوع الغيرة والبهجة، السعادة والحب؟ أليست كلُّها أيضا من الواقع؟

أجل، إنها واقع. لكنها تعتمد في وجودها على العقول: العقول البشرية، بالتأكيد، ومن المحتمل عقول الأنواع الأخرى من الحيوانات المتطورة، مثل الشمبانزي، الكلاب والحيتان أيضا. ولا تشعر الصخور بالبهجة أو الغيرة، والجبال لا تحب. فهذه المشاعر واقع مكثف لهؤلاء الذين تتبدى لديهم، لكنها لا توجد قبل وجود العقول. ومن المحتمل أن مشاعر كهذه، وربما مشاعر أخرى، نستطيع الشروع في الحلم بها، على كواكب أخرى، فقط لو كانت تلك الكواكب تحتوي على عقول أو شيء ما مكافئ للعقول؛ (من يعلم؟)! فلربما كانت هناك آلات غير تقليدية للتفكير أو المشاعر، قد تسللت إلى موضع آخر في الكون.

إذن ذلك هو الواقع، وتلك هي الكيفية التي نعلم بها إذا كان شيء ما يمثل واقعًا أم لا. وكل فصل من هذا الكتاب سيدور حول وجه معين من وجوه الواقع، على سبيل المثال، الشمس أو الزلازل، أو أقواس قزح، أو الأنواع المختلفة المتعددة من الحيوانات.

والآن أريد أن أنتقل إلى الكلمة الأساسية الأخرى في عنوان هذا الكتاب: السحر. والسحر كلمة مراوغة: يشيع استخدامها بثلاث طرق مختلفة، وأول ما يجب عليّ عمله هو التميز بينها. وسوف أُطلق على الطريقة الأولى «السحر الخارق»، والثانية «سحر العرض المسرحي»، والثالثة (التي هي المعنى المفضّل لدي، والتي أقصدها في عنوان هذا الكتاب) «السحر الشاعري».

السحر الخارق؛ هو نوع من السحر نجده في روايات الأساطير والجان. (وفي «المعجزات» أيضا، على الرغم من أنني سأنحّيها جانبا الآن ثم أعود إليها في الفصل الأخير). إن سحر مصباح علاء الدين، وتعويذات المشعوذ، والأخوة جريم Brothers Grimm، وهانز كريستيان أندرسن Hans Christian Andersen ، وجي. كي. رولنج J.K. Rowling هو السحر الخيالي لساحرة تتمتم بتعاويذ وتحوِّل أميرًا إلى ضفدع، أو لساحرة طيبة من الجان تحوِّل ثمرة قرع العسل إلى عربة وضاءة تجرها الخيول. هذه هي الحكايات التي نتذكرها جميعا بحنين من طفولتنا، ولا يزال الكثيرون منّا يستمتعون بها عند تقديمها في عرض تمثيلي صامت في أعياد الكريسماس التقليدية، بيد أننا جميعا نعلم أن هذا النوع من السحر مجرد خيال لا صلة له بالواقع.

في المقابل، فإن سحر العرض المسرحي يحدث حقيقة، وبإمكانه

أن يشيع الكثير من البهجة. أو على الأقل، هو شيء يحدث في الواقع، رغم أنه ليس الشيء الذي يفكر فيه المشاهدون. رجل يعتلي خشبة مسرح -عادة ما يكون رجلا، لسبب ما- يخدعنا بالتفكير في أن شيئا مثيرا للدهشة تجري أحداثه ـ بل ربما يبدو خارقًا للمعتاد ـ بينما ما حدث في الواقع كان مختلفًا تمامًا. فلا يمكن للمناديل الحريرية أن تتحول إلى أرانب، والضفادع إلى أمراء، فما نراه على خشبة المسرح مجرد نوع من الخداع. إن عيوننا تخدعنا، أو بالأحرى، يبذل الساحر جهدًا كبيرًا ليخدع عيوننا، ربما كانت مهارته في استخدام الكلمات تتيح له إبعادنا عما يفعله في الواقع بيديه.

بعض من يستحضرون الأرواح يتسمون بالأمانة ويخرجون عن مسارهم ليؤكدوا أن مشاهديهم يدركون أن ما يفعلونه ببساطة مجرد خداع. وأنا هنا أفكر في أناس مثل جيمس راندي «العجيب»، أو بن Penn وتِلر Teller، أو ديرين براون Derren Brown وحتى رغم أن هؤلاء السحرة الذين يحوزون الإعجاب عادة ما لا يقولون للمشاهدين بالضبط كيفية أدائهم للخدعة ـ يمكن استبعادهم من دائرة السحر(*) (نادي العاملين بتحضير الأرواح) إذا ما فعلوا ذلك ـ فهم يؤكدون أن المشاهدين يعلمون أنه لا يوجد سحر خارق متَضمَّن. وثمة آخرون لا يعلنون بوضوح بأنها كانت مجرد خدع؟ غير أنهم لا يطلقون ادعاءات مبالغاً فيها حول ما يفعلون أيضا، على الأرجح هم فقط يتركون الجمهور أسيرا لأحاسيس مبهجة بأن شيئا يكتنفه الغموض يحدث، من دون أكاذيب صريحة حوله. لكن لسوء الحظ هناك بعض محضِّري الأرواح المحتالين، يتظاهرون بأنهم يمتلكون قوى «خارقة للعادة» أو «يتعذر تعليلها»؛ ربما يزعمون أن

(*) تشير الدائرة إلى جماعة من السحرة (أصحاب الحيل) لديها أسرارها، وأعضاؤها يشعرون بأنهم مميزون عن الآخرين.

باستطاعتهم فعليّا ثني المعادن أو تعطيل الساعات عن طريق قوة التفكير فقط. وبعض هؤلاء المحتالين الدجالين («المشعوذين» هي الكلمة المناسبة لتوصيفهم) يتحصّلون على أجور عالية من شركات التعدين أو البترول من خلال ادّعاء قدرتهم على استخدام قوى استشرافية في الإبلاغ عن الموضع الملائم لأعمال الحفر. ويستغل مخادعون آخرون من يعانون من الحزن، إذ يدّعون القدرة على الاتصال بموتاهم. وما إن يحدث ذلك سرعان ما يصبح مادة للفكاهة والتسلية، لكن باستغلال سذاجة الناس وآلامهم. ومن باب الإنصاف، ليسوا كلهم مخادعين، ربما يعتقد بعضهم بحق أنهم يتحدثون إلى الموتى.

المعنى الثالث للسحر هو ما أعنيه في عنوان كتابي هذا: السحر الشاعري. إذ تنساب دموعنا مع قطعة موسيقية جميلة ونصِفُ طريقة عزفها بأنها «عزفٌ ساحرٌ». ونحدّق في النجوم في ليلة مظلمة غاب فيها القمر أو أنوار المدينة، نقول إن المشهد «سحرٌ خالصٌ» ونحن مقطوعو الأنفاس من البهجة. ولعلنا نستخدم الكلمة ذاتها لنصِفَ غروب شمس بديع، أو منظرا طبيعيا لجبال شاهقة، أو قوس قزح في مواجهة سماء داكنة. بهذا المعنى، تعني كلمة «ساحر» ببساطة التحرك العميق، الانتعاش: شيء ما يمنحنا قشعريرة، شيء ما يجعلنا نشعر أننا أحياء على نحو أكثر عمقا. يحدوني أمل أن أوضح لك في هذا الكتاب أن الواقع ـ حقائق العالم الفعلية التي يمكن فهمها بالوسائل العلمية ـ ساحر بهذا الحس الثالث، الحس الشاعري، المناسب لكي يصبح الحس الحي.

الآن أريد العودة إلى فكرة العمل الخارق وأوضّح لماذا لا يمكن أبدا أن تقدم لنا معنىً حقيقيا للأشياء التي نراها في الدنيا والكون من حولنا. حقا، إن الزعم بوجود تفسير خارق لشيء ما لا يمكن أن يطرح تعليلا

له على الإطلاق، والأسوأ من هذا، استبعاد أي احتمال لإمكانية تفسيره بشكل نهائي. لماذا أقول ذلك؟ لأن أي شيء «خارق» يجب بالتعريف أن يكون بعيدا عن الوصول إليه من خلال تفسير طبيعي، بل يجب أن يكون بمنأى عن العلم. وعما ترسّخ، في المعرفة وجُرِّب، وفُحِص علميا من وسائل أضحت مسؤولة عن التطورات الهائلة التي نتمتع بها على مدى الـ 400 عام الأخيرة تقريبا. والقول؛ إن شيئا ما خارقا يحدث ليس كالقول: «نحن لا نفهمه» لكنه يشبه القول: «نحن لن نفهمه قط، لذلك لا يجب عليك حتى المحاولة».

غير أن العلم يتخذ النهج المضاد على وجه الدقة. ويتقدم العلم بثبات، يدفعه إلى ذلك عجزه ـ حتى الآن ـ عن تفسير كل شيء، ويستخدم ذلك كدافع لنواصل طرح الأسئلة، بخلق نماذج محتملة واختبارها، حتى نتمكن من شق طريقنا، خطوة خطوة، لنكون أقرب إلى الحقيقة. وإذا ما حدث أن شيئًا ما جاء مضادا لفهمنا الحالي للواقع، فسيراه العلماء نوعًا من التحدي لنموذجنا الراهن، يتطلب منا أن نهجره أو على الأقل نغيّره. ومن خلال مثل هذه العمليات التكييفية والاختبارات التالية نقترب أكثر فأكثر مما هو حقيقي.

ما رأيك في محقق شرطة استغرب من جريمة قتل، وكان على درجة من الكسل حتى من محاولة العمل على حل المشكلة وبدلا من ذلك قلّل من غموض الواقعة وسجلها باعتبارها «عملا خارقا»؟ يبيّن لنا التاريخ الإجمالي للعلم أنه إذا ما خضعت الأشياء لفكرة أنها نتيجة للخوارق ـ تتسبب فيها الآلهة (سواء السعيدة أو الغاضبة)، الشياطين، الساحرات، الأرواح، اللعنات والتعاويذ ـ بالفعل من غير التفسيرات الطبيعية لم نكن لنستطيع فهمها واختبارها والوثوق فيها. لا يوجد سبب على الإطلاق للاعتقاد بأننا سنكتشف أصلا خارقًا للمألوف في تلك الأشياء التي لم

يتوصل العلم حتى الآن لتفسيرات طبيعية لها، وليس هناك ما يعادل البراكين أو الزلازل أو الأمراض إذ يعزْوها إلى الآلهة الغاضبة، كما كان الناس يعتقدون في الماضي.

بطبيعة الحال، لا أحد يعتقد حقا بأنه من المحتمل تحويل ضفدع إلى أمير (أم هل كان أميراً ثم انقلب إلى ضفدع؟ أنا لا أتذكر) أو تحويل ثمرة قرع العسل إلى عربة تجرّها الجياد، هل حدث لك قط أن توقفت عن اعتبار سبب أشياء كهذه أمرا مستحيلا؟ ثمة وسائل عديدة لتعليل ذلك. وفيما يلي التفسير الذي أفضّله.

الضفادع والعربات التي تجرها جياد أشياء معقدة، فيها أجزاء كثيرة تحتاج طرقًا معينة لتركيبها معًا، في نموذج خاص لا يمكن له أن يحدث بالمصادفة (أو عن طريق حركة موحية من عصا ساحر). ذلك هو ما تعنيه كلمة «معقدة». فمن الصعوبة بمكان عمل شيء معقد مثل ضفدع أو عربة تجرها جياد. ولصناعة عربة نحتاج إلى تركيب كل الأجزاء معا بالطريقة الملائمة تماما. نحتاج لمهارة نجّار وغيره من الصُنّاع المَهَرة. ولا تتكون العربات بمحض المصادفة أو بفرقعة أصابعك قائلا: «أبرا كادابرا». فللعربة بناء، تعقيد، أجزاء للتشغيل: عجلات ومحاور، نوافذ وأبواب، ومقاعد ذات وسائد.

سيكون من اليسير نسبيّا تحويل شيء معقَّد مثل عربة إلى شيء آخر بسيط مثل رماد، مثلا: عصا ساحرة طيبة من الجان تحتاج فقط لموقد لحام مركَّب بداخلها. فمن اليسير غالبا تحويل أي شيء إلى رماد. لكن لا يستطيع أي شخص أن يأخذ كومة من الرماد - أو ثمرة قرع العسل - ويحوِّلها إلى عربة، لأن العربة على درجة عالية من التعقيد، وليست معقدة فقط، بل إنها معقدة في اتجاه الاستخدام المفيد، في هذه الحالة تصبح مفيدة كي يستخدمها الناس في السفر.

دعونا نيسِّر الأمر قليلا على ساحرة طيبة من الجان بافتراض أنه بدلا من النداء على ثمرة قرع العسل ستنادي على جميع الأجزاء اللازمة لتجميع عربة، كلِّها مختلطة معاً في صندوق: كأنها نوع من عدة أيكيا(*) لعربة. تتكون العدة اللازمة لتصنيع عربة من مئات القطع الخشبية، ألواح زجاج، قضبان وسيقان حديدية، حشوات التبطين وقطع من الجلد، بالإضافة إلى مسامير عادية، وبراغي وزجاجات غراء للصق الأجزاء معا.

والآن لنفرض أنه، بدلا من قراءة التعليمات وتوصيل الأجزاء بتتابع منتظم، وضعت كل القطع في حقيبة كبيرة هائلة الحجم وقامت برجّها. ما فرص التصاق الأجزاء ببعضها بعضًا على نحو مناسب لتجميع عربة قادرة على العمل؟ الإجابة هي صفر بالتأكيد. ومن ضمن أسباب ذلك العدد الكبير للوسائل المحتملة التي يمكنك بها تجميع خليط من القطع والأجزاء الذي لن يسفر عن عربة قادرة على العمل، أو أي شيء يعمل.

إذا أنت أخذت بعض الأجزاء وقمت برجّها عشوائيا، قد يتصادف أن تسفر عن شكل مفيد، أو قد تتعرف منها على شيء ما خاص. لكن عدد احتمالات حدوث هذا ضئيل، إنّه حقا ضئيل جدًّا مقابل عدد احتمالات تشكّل نموذج لا نتعرف فيه على أي شيء أكثر من كونه كومةَ مخلفّات. ثمة ملايين من طرق خلط وإعادة الخلط لكومة من القطع والأجزاء: ملايين الطرق لتحويلها إلى كومة أخرى من القطع والأجزاء. وفي كل مرة تخلطها، تحصل على كومة وحيدة من النفايات لم تسبق مشاهدتها قط، لكن فقط أقلية ضئيلة من تلك الملايين من الأكوام المحتملة ستشكل شيئا ما مفيدا (مثل أن تأخذك إلى هدفك) أو ستكون مميزة أو شيء له قيمة بأية حال.

(*) محل شهير، تباع فيه الأشياء سهلة التركيب يدويًّا لغير المتخصصين.

أحيانا نستطيع حرفيا إحصاء عدد الطرق التي تتيح لنا خلط سلسلة من القطع ـ كما في حال مجموعة من أوراق اللعب (الكوتشينة)، مثلا، بحيث تكون «القطع» هي أوراق كلِّ فرد (لاعب).

لنفترض أن الموزع خلط الأوراق ووزّعها على أربعة لاعبين، بحيث يحصل كل لاعب على 13 ورقة. قمت بترتيب ما في يدي وتنفست بصعوبة. مندهشاً. لديّ 13 ورقة بستوني! كلُّ أوراق البستوني.

شدة المفاجأة تعوّقني عن الاستمرار في اللعب، وأعرض ما بيدي على اللاعبين الثلاثة الآخرين، وأنا أُدرك أنهم سيشاطرونني نفس القدر من الدهشة.

لكن حينئذ، مرة بعد أخرى، يضع كل واحد من اللاعبين الآخرين، أوراقه على الطاولة وتتتابع صيحات الدهشة من كلٍّ منهم. لدى كلِّ واحد مجموعة «كاملة» في يده: أحدهم لديه 13 ورقة قلب أحمر، وآخر 13 ورقة ديناري، والأخير 13 ورقة سباتي.

هل هذا يُعدُّ سحرا خارقا للعادة؟ قد نقع في غواية هذا التفكير. يستطيع المتخصصون في الرياضيات حساب فرص مثل هذا التوزيع الاستثنائي الذي قد يحدث بالمصادفة البحتة. ويتضح أنها إمكانية ضئيلة شبه مستحيلة تصل إلى 1 لكل 53,644,737,765,488,792,839,273,440.00 0 حالة. فإذا جلست لتلعب الورق طوال تريليون سنة (ألف ألف مليون)، لا تكون لديك إلا فرصة واحدة لتصل إلى توزيع تام على هذا النحو. لكن ـ وهنا المسألة ـ هذا التوزيع لن يكون أكثر احتمالا من أي توزيع آخر للأوراق يمكن حدوثه على الإطلاق! حيث لا تكون لدينا سوى فرصة واحدة لأي توزيع آخر لعدد 52 ورقة من بين الرقم المهول السابق، نظرا لأن هذا هو العدد الإجمالي لكل التوزيعات المحتملة. وذلك فقط لأننا لا نلاحظ أي شكل خاص في الأغلبية الساحقة للتوزيعات التي

تتم، لذلك فإنها لا تصدمنا مثل أي أمر آخر خارج عن المعتاد. نحن فقط نلاحظ التوزيعات التي تأتي مميزة على نحو ما.

هناك بلايين الأشياء التي يمكنك تحويل أمير إليها، إذا كنت على قدر من الوحشية بما يكفي لإعادة ترتيب أجزائه إلى بلايين التوافقات عشوائيًا. غير أن معظم تلك التوافقات ستبدو كأنها نوع من الفوضى، مثل تلك البلايين عديمة المعنى العشوائية لأوراق اللعب في اليد التي تمّ توزيعها. فقط عدد ضئيل من تلك التوافقات المحتملة من أجزاء أمير مختلطة عشوائيًا قد تغدو مميزة أو مناسبة لأي شيء على الإطلاق، باستثناء أن تكون ضفدعاً.

الأمراء لا يتحوّلون إلى ضفادع، ولا ثمار قرع العسل تتحوّل إلى عربات تجرّها خيول، لأن العربات والضفادع أشياء معقدة يمكن لأجزائها أن تتوافق غالبًا لعدد لا نهائي من أكوام النفايات. وما نعلمه حتى الآن، باعتباره حقيقة، أن كل ما هو حي ـ كل إنسان، كل تمساح، كل شحرور، كل شجرة وحتى كل كرنب بروكسل Brussels Sprout(*) قد يتطور من أشياء أخرى، أساسا من أشكال أبسط. وبالتالي أليس ذلك مجرد نوع من المصادفة، أو نوعًا من السحر؟ كلّا! ليس كذلك على الإطلاق! هذا سوء فهم شائع للغاية، لذلك أريد أن أوضح من الآن فصاعدا أن ما نراه في الحقيقة ليس نتيجة للمصادفة أو الحظ أو أيٍّ من أعمال «السحر» التي تتم عن بعْد (فيما عدا، بطبيعة الحال، الحس الشاعري المرهف لشيء ما يملؤنا بالرهبة أو البهجة).

(*) نبات من عائلة البروكلي عبارة عن براعم شبيهة بالملفوف ـ المترجم.

لتحويل كائن عضوي معقَّد إلى كائن عضوي معقَّد آخر في خطوة واحدة ـ كما في حكاية خرافية ـ سيكون حقًّا عملا خارجًا عن عالم الاحتمال الواقعي. وحتى الآن توجد الكائنات العضوية المعقدة. وبالتالي كيف ظهرت للوجود؟ كيف، في الواقع، جاءت للوجود الأشياء المعقدة مثل الضفادع والأُسود، قرود البابون وأشجار تين البنغال، الأمراء وثمار قرع العسل، أنت وأنا؟

في أغلب فترات التاريخ كان ذلك سؤالا محيّراً، لم يستطع أحد الإجابة عنه بشكل مناسب. لذلك اخترع الناس قصصا لمحاولة تفسيره، لكن تمّت الإجابة عن السؤال ـ وبوضوح ـ في القرن التاسع عشر، على يد واحد من أعظم العلماء الذين عاشوا بيننا، وهو تشارلز داروين ـ Charles Darwin. وسوف أستغل بقية هذا الفصل لشرح إجابته، باختصار، وبكلمات مختلفة عن كلماته.

تقول الإجابة: إن الكائنات العضوية المعقدة ـ مثل الإنسان، والتماسيح وكرنب بروكسل ـ لم تنشأ فجأة، كسقطة مفاجئة سريعة، لكن تدريجيًّا، خطوةً ضئيلةً فخطوة ضئيلة، حتى إنّ ما تكوّن بعد كل خطوة لم يكن سوى شكل يختلف قليلا جدًّا عما كان موجودا قبله بالفعل. لتتخيل أنك كنت تريد خلق ضفادع طويلة الأرجل. تستطيع أن تتيح لنفسك بداية مناسبة بالشروع في شيء ما مشابه قليلا لما أردت أن تحققه: ضفادع قصيرة الأرجل، مثلا. قد تتأمل الضفادع قصيرة الأرجل لديك وتقيس أرجلها. وقد تلتقط عددًا قليلا من الذكور وبعض الإناث التي لها أرجل أطول بعض الشيء مقارنة بأغلبيتها، وقد تتركها تتكاثر معا، في حين تمنع الأنواع قصيرة الأرجل من التكاثر نهائيًّا.

ربما ينجم عن ذكور وإناث الضفادع ذات الأرجل الأطول أفراخ، وهذه سوف تنمّي في النهاية أرجل وتصبح ضفادع. بعد ذلك تقوم بقياس هذا الجيل الجديد من الضفادع، ومرة أخرى تأخذ الذكور والإناث التي أصبح لها أرجل أطول مقارنة بمتوسط الأطوال، وتضعها معا لتتكاثر.

بعد مواصلة هذه العملية لنحو عشرة أجيال، قد تبدأ في ملاحظة شيء ما مثير للاهتمام. سيكون متوسط طول الأرجل لمجموعتك من الضفادع الآن أكثر طولا بوضوح مقارنة بمتوسط الطول لدى مجموعة البداية. وربما تجد أن كلَّ الضفادع من الجيل العاشر لها أرجل أكثر طولا من أي ضفدع من الجيل الأول. أو قد تكون عشرة أجيال غير كافية لتحقيق هذا: لربما تحتاج أن تستمر لعشرين جيلا أو أكثر. ولكن في النهاية تستطيع أن تقول متباهيًا: «لقد صنعت نوعًا جديدًا من الضفادع له أرجل أطول من النوع القديم».

لم تكن ثمة حاجة إلى صولجان ساحر. ولم يكن مطلوبًا أيَّ نوع من السحر. ما لدينا هنا هو عملية تُسمى التكاثر الانتقائي. وهي تستفيد من حقيقة أن الضفادع تختلف في ما بينها، وتلك الاختلافات تنحو نحو التوريث، بمعنى، تمر من الأب إلى الابن عبر الجينات. ببساطة من خلال اختيار الضفادع التي تتكاثر والتي تُمنع من التكاثر، نستطيع عمل نوع جديد من الضفادع. عملية بسيطة، أليس كذلك؟

غير أن مجرد عمل أرجل أطول ليس أمرًا بالغ الإثارة. ومع هذا، لقد بدأنا بالضفادع، كانت مجرد ضفادع بأرجل قصيرة. افترض أنك بدأت، ليس بنوع من الضفادع قصيرة الأرجل، لكن بشيء ما ليس ضفادع على الإطلاق، مثلا شيء آخر مثل سمندل الماء. حيوانات السمندل هذه لها أرجل قصيرة للغاية مقارنة بأرجل الضفادع (مقارنة بالأرجل الخلفية للضفادع، على الأقل)، تستخدمها للسير وليس للقفز. كما أن للسمندل

ذيلا طويلا، بينما ليس للضفدع ذيل على الإطلاق، وحيوانات السمندل في مجموعها أكثر طولا وأقلّ عرضًا من معظم الضفادع. لكنك تستطيع أن ترى، بافتراض آلاف الأجيال بما هو كافٍ، أن بمقدورك تحويل مجموعة من حيوانات السمندل إلى مجموعة من الضفادع، ببساطة عن طريق الاختيار الصبور، في كل تلك الملايين من الأجيال، ذكر وأنثى السمندل الأكثر شبهًا بالضفدع وتتركها لتتكاثر معًا، بينما تعوق الأنواع الأقل شبهًا بالضفدع من التكاثر. عند مرحلة غير معلومة أثناء العملية هل سترى أيَّ تغيير درامي؟ كل جيل سوف يبدو شبيهًا لحد كبير بالجيل السابق، لكن مع ذلك، بعد عدد كافٍ من الأجيال، ستبدأ في ملاحظة أن الذيل الطويل بات أقصر قليلا ومتوسط طول الساقين المتماثلين أكبر قليلا. وبعد عدد كبير جدًّا من الأجيال، ستجد أن من السهل على الأفراد ذوي الأرجل الأطول والذيول الأقصر استخدام أرجلهم الطويلة في الوثب بدلا من الزحف، وهكذا.

بطبيعة الحال، في هذا السيناريو الذي عرضته للتوّ، نتخيل أنفسنا نمارس دور مربّى السنادل، نلتقط الذكور والإناث التي نريد أن نزوِّجها معا من أجل تحقيق نتيجة نهائية لما اخترناه. ويطبق المزارعون هذه التقنية منذ آلاف السنين، لإنتاج ماشية ومحاصيل تعطي غلة أغزر أو أكثر قدرة على مقاومة الأمراض، وهلم جرّا. وكان داروين أول شخص يفهم أن هذا هو ما يحدث حتى لو لم يكن هناك مَرَبٍّ يقوم بعملية الاختيار. ورأى داروين أن الأمر كله يحدث بشكل طبيعي، في واقع الأمر، لسبب بسيط هو أن بعض الأفراد يقضون حياة أطول بما يكفي للتوالد بينما لا يتمكن آخرون من ذلك؛ وأن من يستمرون أحياء يحدث لهم ذلك لأنهم أكثر استعدادًا من آخرين. لذلك يرث أبناء الأحياء الجينات التي ساعدت آباءهم على الحياة. سواء كانوا من سمندل الماء أم الضفادع، من حيوانات

القنفذ أو نبات الهندباء، دائما سيكون هناك بعض الأفراد يعيشون على نحو أفضل من الآخرين. وإذا حدث وأصبحت الأرجل الطويلة مفيدة (للضفادع أو الجراد لتقفز بعيدا عن الأخطار، مثلا، أو للفهود الصيّادة للغزلان، أو للغزلان لتساعدها على الهرب من الفهود الصيّادة)، فإن الأفراد ذوي الأرجل الطويلة ستقل لديهم احتمالات تعرّضهم للموت. سيكون الاحتمال الأعلى بالنسبة لهم أن يعيشوا زمنا كافيًا للتكاثر. أيضا، كلما زاد عدد الأفراد المتاح لهم التزاوج معًا أصبحت أرجلهم أكثر طولا. وبناء عليه، في كل جيل ستزداد فرص وجود جينات الأرجل الأطول لكونها تنتقل إلى الجيل التالي. وبمرور الوقت سنجد أفرادًا أكثر فأكثر ضمن هذه المجموعة لديها جينات لأرجل أكثر طولا. ومن ثم سيكون التأثير مماثلا تمامًا كما لو أن مصممًا ذكيًّا مثل إنسان يتولى التربية، يقوم باختيار الأفراد طويلي الأرجل للتكاثر ـ فيما عدا أن مثل هذا المرَبّي لا يكون مطلوبا: فكل شيء يحدث طبيعيًّا، يحدث من داخله مثل التابع الآلي الذي يحيا الأفراد من خلاله بما يكفي للتناسل، أو لا يحدث. ولهذا السبب، تُسمى العملية: الاختيار الطبيعي.

بافتراض انقضاء أجيال كافية، يمكن للأسلاف التي تشبه سمندل الماء أن تتغير إلى سلالات تشبه الضفادع. وبافتراض وجود أجيال أكثر، يمكن للأسلاف التي تشبه السمك أن تتغير إلى سلالات تشبه القردة. وبافتراض مرور أجيال أخرى بما يكفي فإن الأسلاف التي تشبه البكتيريا يمكن أن تتغير إلى سلالات تشبه الإنسان. وذلك بالضبط هو ما حدث. هذا ما حدث في تاريخ كل حيوان ونبات استمر على قيد الحياة. وعدد الأجيال اللازمة أكبر مما أستطيع أنا أو أنت أن نتخيل احتماله، لكن العالم يعود تاريخه إلى ملايين السنين، ومن خلال بعض الحفريات نزعم أن الحياة بدأت قبل أكثر من ثلاثة بلايين ونصف البليون سنة، لذلك كان هناك زمن هائل يتيح حدوث التطور.

هذه فكرة داروين العظيمة، وتسمى التطور بواسطة الانتقاء الطبيعي. وهي واحدة من الأفكار الأكثر أهمية التي طرأت على المخ البشري. فهي تشرح كل ما نعرفه عن الحياة على كوكب الأرض. ولأنها بالغة الأهمية، سأعود إليها في فصول تالية. أما الآن، فيكفي أن نفهم أن التطور بطيء وتدريجي على نحو بالغ. وفي واقع الأمر، إن تدرّج عملية التطور هو الذي أتاح له عمل الأشياء المعقدة مثل الضفادع والأمراء. والتغير عن طريق أعمال السحر من ضفدع إلى أمير لن يكون تدريجيًّا بل مفاجئًا، وهذا السحر هو ما يتحكم في أشياء كهذه خارج عالم الواقع. التطور تفسير حقيقي، يحدث حقًّا ويمتلك دلائل صحيحة لتفسير حقيقته؛ فكل شيء يقترح أن أشكال الحياة المعقدة ظهرت في اتجاه واحد (بدلا من التطور التدريجي خطوة خطوة)، هو مجرد قصة كسول ـ ليست أفضل من السحر الخيالي لعصا ساحرة من الجان.

وبالنسبة لثمار قرع العسل التي تتحول إلى عربات تجرها جياد، فإن التعاويذ السحرية هي بالتأكيد أعمال خارقة شأنها شأن الضفادع والأمراء. فالعربات لا تتطور ـ أو على الأقل، ليس تطورا طبيعيًّا، بالطريقة ذاتها التي تحدث للضفادع والأمراء. لكن العربات ـ ومعها الطائرات والفئوس، أجهزة الكمبيوتر ورؤوس السهام الصلبة ـ كلُّها مصنوعة بيد الإنسان الذي طوّرها. وقد تطورت العقول والأيدي البشرية عن طريق الاختيار الطبيعي على نحو مؤكد كما حدث لذيول السمندل وأرجل الضفادع. وأصبحت عقول البشر، بمجرد تطورها، قادرة على تصميم وخلق العربات والسيارات، المقصات والسيمفونيات، ماكينات الغسيل والساعات. ومرة أخرى، لا وجود لسحر. ومرة أخرى، لا وجود لخدعة. ومرة أخرى، يخضع كل شيء ببساطة للتفسير.

فيما يلي من هذا الكتاب، أريد أن أبيّن لك أن العالم الحقيقي، طبقا للفهم العلمي، يمتلك سحرا نابعا من داخله ـ هذا الذي أسميه السحر الشاعري: الجمال الملهم (بكسر الهاء) الذي هو كله سحر متزايد نظرًا لأنه سحر حقيقي ونستطيع أن نفهم كيفية عمله. فبجانب الجمال والسحر الحقيقيين للعالم الواقعي، إن التعاويذ الخارقة والخدع المؤداة في العروض تبدو رخيصة ومبتذلة بالمقارنة.

إن سحر الواقع ليس من الخوارق أو الخدع ـ ببساطة تمامًا ـ إنه مدهش، مدهش وحقيقي. مدهش **لأنه** حقيقي.

الفصل الثاني
من كان الإنسان الأول؟



معظم فصول هذا الكتاب معنونة بسؤال. وهدفي من كلٍّ منها الإجابة عن السؤال، أو على الأقل تقديم أفضل إجابة يمكن اعتبارها إجابة العلم. لكنني عادة ما سأبدأ ببعض الإجابات الأسطورية ذلك لأنها مفعمة بالحيوية ومثيرة للاهتمام، ويؤمن بها كثير من الناس. ولا يزال البعض على إيمانه بها.

جميع الشعوب حول العالم لديها أساطير أصلية (أي أسطورة أولى لنشوء هذا الشعب)، لتفسر من أين جاؤوا. وتتحدث كثير من الأساطير ذات الأصول القبلية فقط عن قبيلة معينة وحيدة ـ على الرغم من أن القبائل الأخرى لا ترى لهذا التفسير اعتبارًا لديها! وبالطريقة نفسها، لدى كثير من القبائل قناعة بأنه لا ينبغي لهم قتل الناس ـ لكن يتبين أن تعبير «الناس» المقصود به قبيلتك أنت فقط، إذ إنّ قتل أفراد من قبائل أخرى عمل رائع!

وهناك أسطورة نمطية، عن أناس بدائيين من تسمانيا(*) حيث لقي إله اسمه مويني Moinee الهزيمة على يد إله منافس اسمه درومردينر Dromerdeener في معركة رهيبة جرت عاليًا في النجوم. هرب مويني من النجوم لينزل إلى تسمانيا ويموت. وقبل موته، أراد أن يمنح بركاته لموضع رقدته الأخيرة، لذلك قرر أن يخلق البشر. لكنه كان متعجلا،

(*) تسمانيا: جزيرة في جنوب شرقي أستراليا يفصلها عن البر مضيق الباس ـ المترجم.

بسبب معرفته بأنه يموت حتى أنه نسيَ أن يعطي ركبة لكل إنسان؛ وقدَّم لهم (مما لا شك فيه كان مشتتًا بسبب ورطته) وهو غائب العقل ذيولا هائلة مثل الكنغر، ما يعني أنهم لن يستطيعوا الجلوس على الأرض. ثم فارق الحياة. وكره الناس أن يكون لهم ذيول الكنغر وعدم وجود الركب، وانتحبوا للسماء طلبًا للمساعدة.

بيد أن درومردينر الجبّار، الذي كان لا يزال يزأر حول السماء في موكب انتصاره، سمع بكاءهم وهبط إلى تسمانيا لينظر في أمرهم. وأخذته الشفقة بالناس، ومنحهم ركبا قابلة للثني وقطع ما لديهم من ذيول الكنغر غير المناسبة حتى يتمكنوا جميعا من الجلوس في النهاية؛ وعاشوا في سعادة من بعدها.

دائما ما نلتقي بنسخ مختلفة من الأسطورة نفسها تقريبًا. وذلك ليس مثيرًا للدهشة، لأن الناس دائما ما يبدّلون في التفاصيل وهم يروون الحكايات حول النار أمام الخيام، لذلك تنحرف النسخ المحلية للقصص قليلا. وفي رواية مختلفة لهذه الأسطورة التسمانية، خلق موريني الإنسان الأول، المسمى بارليفار Parlevar، عاليا في السماء. لم يكن بارليفار يستطيع الجلوس بسبب ذيله الذي كان يشبه ذيل الكنغر وركبتيه اللتين لا تنثنيان. وكما في السابق، جاء درومردينر، إله النجم المنافس لنجدته. ومنح بارليفار ركبتين مناسبتين وقطع ذيله، وطبب الجرح بالدهن. حينئذ هبط بارليفار إلى تسمانيا سائرا على طول طريق السماء (درب التبانة).

لدى قبائل اليهود في الشرق الأوسط إله واحد فقط، ويعتبرونه الأعلى بين آلهة القبائل المنافسة. وله أسماء متعددة، ومن غير المسموح لهم نطق اسم منها. وقد صنَعَ الرجل الأول من التراب وسمَّاه آدم (الذي يعني «الرجل» فقط). وجعل آدم على مثاله حرفيًا. في الواقع، اتّخذ أغلب آلهة التاريخ هيئة الرجال (وأحيانا النساء)، وغالبا ما تكون ذات حجم عملاق، وتمتلك قوىً خارقة.

وضع الله آدم في حديقة جميلة تسمى عدن، تملؤها الأشجار التي تشجع فاكهتها آدم على الأكل منها ـ ما عدا استثناء واحدًا. هذه الشجرة المحرمة كانت «شجرة معرفة الله والشيطان»؛ وشدّد الله على آدم أنه لا يجب أبدا أن يأكل من فاكهتها.

وتأكد الله حينئذ أن آدم يعيش منعزلًا تمامًا بمفرده، وأراد أن يصنع شيئا له. عند هذه النقطة ـ كما في قصة درومردينر وموريني ـ هناك نسختان للأسطورة، وُجدت الاثنتان في سِفر التكوين بالكتاب المقدس. وفي النسخة الأكثر حيوية، جعل الله كل الحيوانات مساعدين لآدم، ثم قرر أن ثمة شيئا ما مفقود: امرأة! وبالتالي أعطى آدم مخدرًا عاما، وشقّه، وأخرج ضلعًا وخيّط الشق مرة أخرى. ثم أنشأ امرأة من الضلع، كما لو أنك تنتج زهرة من شق في شجرة. وسماها حواء وقدمها لآدم زوجة له.

لسوء الحظ، كان هناك ثعبان شرير في الحديقة، اقترب من حواء وأغواها لتقدم لآدم الثمرة المحرمة من شجرة معرفة الله والشيطان. أكل آدم وحواء الثمرة وتحصّلا في التوّ على معرفة أنهما كانا عاريين. وتسبب هذا في إرباكهما، فصنعا لأنفسهما أغطية من أوراق شجر التين. وعندما لاحظ الإله هذا انتابه الغضب بسبب أكلهما الثمرة وتحصلهما على المعرفة ـ فاقدين براءتهما، كما أتصور. وطردهما من الحديقة، ووصمهما بالذنوب وكذلك ذريتهما جميعا وأطلقهما لحياة تتسم بالمشقة والآلام. وحتى أيامنا هذه، فإن قصة عصيان آدم وحواء المرعبة تؤخذ بجدية من كثير من الناس تحت اسم «الخطيئة الأصلية». حتى إن بعض الناس يعتقدون أننا ورثنا جميعا «الخطيئة الأولى» من آدم (رغم أن كثيرا منهم يصرحون بأن آدم لم يكن له وجود حقيقي على الإطلاق!)، وأننا نشاركه في معصيته.

لدى الشعوب الإسكندينافية القديمة، المشهورين بأنهم ملاحو

الفايكنج، عدد كبير من الآلهة شأنهم شأن اليونانيين والرومان. ويُدعى إلههم الرئيسي باسم أودين Odin، وأحيانا يسمى ووتان Wotan أو وودين Woden، ومنهم حصلنا على «يوم الأربعاء». (جاء «الثلاثاء» من إله آخر للملاحين اسمه ثور Thor، إله الرعد الذي يصنعه بمطرقته الجبّارة).

ذات يوم كان أودين يتمشى على شاطئ البحر مع إخوته، الذين كانوا آلهة أيضا، ووصلوا إلى جذعين من جذوع الأشجار. تحوّل جذع من هذين الجذعين إلى الرجل الأول، الذي سموه آسك Ask وتحول الثاني إلى المرأة الأولى، وسموها إمبلا Embla. وبعد خلقهم لجسَدَيْ الرجل الأول والمرأة الأولى، بثّ فيهما الآلهة الإخوة الحياة، وأتبعوها بالوعي، ثم الوجهين ونعمة الكلام.

أتعجب، لماذا جذوع الأشجار؟ لماذا لم تكن كتلًا من الجليد، أو كثبانًا رملية؟ أليس ذلك مثيرًا للعجب ممن اختلق مثل هذه القصص، ولماذا؟ من المفترض أن المخترعين الأصليين لهذه الأساطير يدركون أنها خيالية في الوقت الذي صنعوها فيه. أو هل تعتقد أن عددًا كبيرًا مختلفًا من الناس اكتشفوا أجزاء مختلفة من القصص في أوقات مختلفة وفي أماكن مختلفة، وأن أناسًا آخرين فيما بعد أدمجوها معا، ربما بتغيير بعضها دون التحقق من أن الأجزاء المختلفة كانت بالأساس مجرد أمر مصنوع؟

إنها قصص ممتعة، وجميعنا يحب تكرارها. لكن عندما نستمع إلى قصة مبهجة الألوان، سواء كانت أسطورة قديمة أو «خرافة حديثة» تحوم حول الإنترنت، فإنها أيضا تستحق التوقف لنسأل إن كانت حقيقية أو إن كان أيُّ جزء منها حقيقيا.

لذلك فلنطرح على أنفسنا السؤال: من كان الإنسان الأول؟ ونلقي نظرة على الإجابة الحقيقية، العلمية.

من كان الإنسان الأول في الواقع؟

قد يدهشك هذا، لم يكن هناك إنسان أول ـ ذلك لأن كل إنسان يلزمه أبوان، وأولئك الآباء لا بد أن يكونوا من بني الإنسان أيضا! والأمر نفسه مع الأرانب. لم يوجد قط أرنب أول، ولا تمساح أول، ولا يعسوب أول(*) فكل كائن ـ أيا كان ـ تمّت ولادته كان ينتمي إلى نفس نوع أبويه (ربما مع بعض الاستثناءات النادرة، التي سأهملها هنا). بالتالي فإن ذلك لا بد أن يعني أن كل كائن مولود كان ينتمي إلى نفس نوع أجداده، وأجداده الأقدم، وأجداده الأقدم فالأقدم، وهكذا دواليك.

وهكذا دواليك؟ حسنٌ، الأمر ليس بهذه البساطة. هذا يحتاج إلى قدر من الشرح. وسوف أبدأ بتجربة فكرية. والتجربة الفكرية هي تجربة في خيالك. وما سوف نمضي في تخيله ليس أمرًا ممكنًا بشكل محدد، لأنه يأخذنا إلى طريق، طريق في زمن ماضٍ، طريق طويل قبل أن نُولد، لكنّ تخيلَه يعلمنا شيئا ما مهما.

لذلك، إليك تجربتنا الفكرية. كلُّ ما يتعين عليك عمله أن تتخيل نفسك تتبع هذه التعليمات.

هات صورة لنفسك، ثم خذ صورة لأبيك وضعها في المقدمة. وهات صورة لأبيه، أي جدك. ضع في المقدمة صورة جدك لأبيك، وهكذا لجد أبيك، الجد الأكبر. ربما لم يحدث أن التقيت قط بأي من جدودك السابقين. أنا شخصيا لم ألتقِ بأحد منهم، لكنني أعرف أن أحدهم كان مدير مدرسة في قرية، وآخر كان طبيبًا في الريف، وأحدهم كان يعمل في غابة في الهند البريطانية، وواحد كان محاميًا، شرهًا للقشدة، ولقي حتفه

(*) نوع من الحشرات له جسم طويل نحيل، وزوجان من الأجنحة على شكل شبكة ـ المترجم.

وهو يتسلق الصخور في كهولته. وبرغم ذلك، لو لم تكن تعرف أي شبه كان عليه والد والد والدك، تستطيع أن تتخيله كشكل باهت نوعا ما، ربما صورة فوتوغرافية بنية اللون غائمة في إطار جلدي. والآن لتفعل الشيء نفسه مع أبيه، جدك الأكبر. ضع ترتيبا للصور مراعيا أقدميتها، عائدا خلالها أكثر فأكثر إلى الأكبر فالأكبر فالأكبر من الجدود. يمكنك مواصلة هذا حتى قبل اختراع التصوير الفوتوغرافي.. هذه تجربة فكرية، على كلّ حال.

كم عدد الأسلاف الذين نحتاج إليهم في تجربتنا الفكرية؟ أووه، فقط 185 مليونًا أو نحو ذلك بالتأكيد!

ـ فقـط؟

ليس من اليسير تخيل كومة من 185 مليون صورة. كم سيكون ارتفاعها؟ حسنٌ، إذا كانت كل صورة منها مطبوعة على بطاقة تصوير عادية، فإن 185 مليون صورة ستكوِّن برجا ارتفاعه 220 ألف قدم؛ وذلك يزيد على ارتفاع 180 ناطحة سحاب في نيويورك لو وضعنا إحداها فوق الأخرى. على درجة من الارتفاع يتعذر تسلقها، حتى إذا لم تسقط (وهذا قد يحدث). لذلك دعونا نقلبها على جانبها بأمان، ونرص الصور على امتداد طولها على رف للكتب.

كم طول رف الكتب؟

ـ نحو أربعين ميلا.

في الطرف القريب من الرف توجد صورتك. وفي طرفه الأقصى الصورة رقم 185 مليونًا لجدك الأكبر. على أي شبه كان هو؟ هل هو رجل مسن بشعر خفيف وشاربين أبيضين؟ أم رجل من سكان الكهوف في جلد فهد؟ لتنسَ أي تفكير من ذلك النوع. نحن لا نعرف بالتحديد أي شبه كان

عليه، لكن الحفريات تعطينا فكرة جيدة رائعة. سواء كنت تعتقد في هذا أم لا، فإن جدك الأكبر رقم 185 مليونًا كان ـ سمكة. وكذلك كانت جدتك الكبرى رقم 185 مليونًا، وهو ما يحدث تمامًا وإلا لم يكن بمقدورهما أن يتناسلا معا، ولم تكن أنت قد جئت إلى هنا.

هيا بنا الآن نتمشى بمحاذاة رفّ الكتب البالغ طوله 40 ميلا. ولنلتقط منه الصور واحدة بعد الأخرى لننظر إليها. كل صورة تبين كائنا ينتمي إلى نفس نوع الصورتين إلى جانبيها، قبلها وبعدها. وكل واحدة تبدو شبيهة فقط بجاراتها في الترتيب ـ أو على الأقل يكون الشبه مماثلا لرجل يشبه والده وابنه. ومع ذلك إذا واصلت السير بانتظام من طرف رف الكتب إلى الآخر، فسترى إنسانًا في أحد الطرفين وسمكة عند الطرف الآخر، وأعدادًا هائلة من الجدود الكبار... الكبار المثيرين للاهتمام في ما بينهم، كما سنرى في التوّ، ويشتملون على بعض الحيوانات التي تشبه النسانيس، وأخرى تشبه القردة، وأخرى تشبه الزبّاب(*)، وهكذا. كل واحدة منها شبيهة بجيرانها على الخط، ورغم ذلك إذا التقطْت أي صورتين بعيدتين إحداهما عن الأخرى في هذا الصف ستكونان مختلفتين للغاية، وإذا تابعت صفّ الصور بدءًا من بني الإنسان إلى الوراء بما يكفي، فستصل إلى سمكة. كيف يمكن لهذا أن يحدث؟

في واقع الأمر، كل هذا ليس عصيًّا على الفهم. فلقد اعتدنا تمامًا على التغييرات المتدرجة، خطوة صغيرة فخطوة صغيرة، واحدة بعد الأخرى، حتى يحدث تغيير كبير. فأنت كنت في وقت من الأوقات طفلا صغيرًا. والآن لست كذلك. وعندما يتقدم بك العمر بقدر كبير سيتغير شكلك نوعًا ما مرة أخرى، رغم أنك عندما تستيقظ من النوم كل يوم من حياتك، تكون

(*) حيوان من الثدييات يأكل الحشرات ويشبه الفأر، له خطم طويل مدبب وعينان وأذنان صغيرتان ـ المترجم.

أنت الشخص نفسه الذي ذهب إلى فراشه في الليلة السابقة. فالطفل يتغير إلى صبيّ، ثم إلى فتى مراهق، ثم إلى بالغ متوسط العمر، ثم إلى شخص كبير السن. وهذا التغيير يحدث تدريجاً على نحو بالغ حتى إنه لا يوجد يوم محدد تستطيع عنده أن تقول: «هذا الشخص توقف فجأة عن أن يكون طفلا وأصبح صبيًّا». وفيما بعد لن يأتي يوم تستطيع فيه أن تقول: «بالأمس كان هذا الشخص متوسط العمر، واليوم هو رجل مسن».

يساعدنا ذلك على فهم تجربتنا الفكرية، التي تعود بنا عبر 185 مليون سنة من أجيال الآباء والأجدَّاد وآباء الأجدَّاد الكبار إلى أن نأتي وجهًا لوجه مع سمكة. وإذا تحولنا لنتقدم فترات للأمام مع الزمن، لكان ما حدث عندما كان لدى سمكة من أسلافك طفلة سمكة، أن أصبح لها طفلة سمكة، والتي أصبح لديها طفلة... إلخ، والتي بعد أجيال استمرت 185 مليون سنة (تتخلى فيها تدريجيًّا عن الخصائص السمكية) تحولت إلى شخصك أنت.

وهكذا كان الأمر كله تدريجاً إلى حد كبير - تدريجيا بصورة بالغة حتى إنك لا يمكن أن تلحظ تغييرا يذكر كلما تقهقرت إلى الخلف، لمدة ألف عام، أو حتى عشرة آلاف عام، والتي سوف تعيدك إلى جدك الأكبر رقم 400 تقريبا أو حتى قد تلاحظ قدرا ما من التغييرات الطفيفة على طول المسار، لأنه لا يوجد شخص يشبه أباه تماما. لكنك لن تلاحظ أي فروق مميزة بشكل عام.

إن العودة لزمن يبلغ عشرة آلاف سنة عن الإنسان المعاصر ليست فترة كافية لتبيان فرق مميز. فصورة الوجه لسلفك قبل 10,000 سنة لن تختلف في شيء عن شخص معاصر، إذا نحينا جانبا الاختلافات الظاهرية في نمط الملبس والشعر والسوالف. ولن يكون أكثر اختلافا عنّا إلا بقدر اختلاف أناس عصريين عن أناس عصريين آخرين.

ماذا عن مائة ألف سنة، أين لنا أن نجد جدك الأكبر رقم 4,000؟ حسنٌ، والآن ربما يكون ثمة اختلاف يمكن ملاحظته. ولعله مجرد زيادة بسيطة في سمْك الجمجمة، خاصة أسفل الحاجبين. لكنه لا يزال مجرد اختلاف طفيف، والآن هيا ننطلق قليلا إلى الوراء في الزمن. فإذا مررت بالمليون سنة الأولى على طول رف الكتب، ستجد أن صورة جدك الأكبر رقم 50,000 قد اختلفت بما يكفي لتؤول إلى نوع مختلف، ذلك النوع الذي نطلق عليه الإنسان المنتصب Homo erectus. وفي هذه الأيام، كما تعلم، نحن نسمّى الإنسان العاقل الـ Homo sapiens. وهذان النوعان قد لا يرغبان في التناسل معا، أو، لوصح ذلك، فلربما لا يكون لوليدهما قدرة للحصول على أطفال من صلبه ـ تماما مثل البغل، الذي ينجبه أبٌّ حمار وأمٌّ فرس، لا يكون قادرًا في أغلب الأحيان على إنجاب ذرية. (سنرى السبب في الفصل التالي).

مرة أخرى، رغم هذا، كل شيء يتم بالتدريج. وأنت من الـ Homo sapiens بينما جدك الأكبر رقم 50,000 كان Homo erectus. لكن لم يحدث أبدا في أي وقت أن أنجب الثاني مولودا من النوع الأول بشكل مفاجئ.

لذلك، يصبح السؤال عمن هو الإنسان الأول، ومتى كان يعيش، بلا إجابة دقيقة. إنه نوع من التشوش، مثل الإجابة عن السؤال: متى توقفتَ عن كونك طفلا وليدا لتصبح صبيًا؟ وعند نقطة معينة، ربما أقل من مليون سنة لكن أكثر من مائة ألف سنة، كان أسلافنا مختلفين عما نحن عليه بما يكفي لئلّا يتمكّن الفرد المعاصر من التناسل مع أحدهم إذا ما التقيا.

وسواء كان ينبغي علينا أن نسمي الـ Homo erectus فردا أم إنسانا فهذا أمر مختلف. وذلك سؤال عن كيفية اختيارك لاستعمال الكلمات ـ والذي يسمى سؤالا عن المعنى. فبعض الناس قد يفضلون تسمية حيوان الزبرا

بالحمار (الحصان) المخطط، لكن البعض الآخر قد يرغب في الاحتفاظ بالاسم «حصان» للنوع الذي نستخدمه في الركوب. وذلك سؤال آخر متعلق بالمعنى. وأنت قد تفضِّل الحفاظ على الكلمات «شخص» و«رجل» و«امرأة» للـHomo sapiens. وهذا أمر متروك لك. فلا أحد، مع ذلك، يريد أن يطلق على جدك الأكبر شبيه السمكة رقم 185 مليونًا لقب رجل. ربما يكون ذلك مجرد نوع من السخف، حتى رغم وجود سلسلة متصلة تربط بينك وبينه، وكل وصلة في هذه السلسلة هي بالضرورة عضو مماثل تماما للنوع المجاور نفسه في السلسلة.

التحول إلى الحجر

والآن، كيف لنا أن نعرف الشبه الذي عليه أسلافنا البعيدون، وكيف نعرف متى عاشوا؟ غالبا من الحفريات.

الحفريات مصنوعة من الأحجار. أحجار اتّخذت شكل الحيوانات والنباتات الميتة. ولقد ماتت الأغلبية العظمى من الحيوانات دون أي أمل في أنها ستتحول إلى حفريات. وإذا كنت تريد أن تكون حفرية، فالمسألة هنا، أن يتم دفنك في النوع المناسب من الطين أو الطمي، ذلك النوع الذي يتصلب في النهاية ليشكل «صخرا رسوبيا».

ماذا يعني ذلك؟ تتكون الصخور من ثلاثة أنواع: نارية، رسوبية ومتحولة. وسوف أتجاهل الصخور المتحوّلة، لأنها كانت أصلا واحدة من النوعين الآخرين: النارية أوالرسوبية، وتغيرت بالضغط أو الحرارة. والصخور النارية (مشتقة من الأصل اللاتيني لكلمة النار ignis) كانت ذات مرة مواد منصهرة، مثل الحمم الساخنة التي تنطلق من البراكين الثائرة الآن، وتبدأ في التصلب لتتحول إلى صخور صلبة عندما تبرد. والصخور الصلبة من كل الأنواع تأخذ في التآكل (التعرية) عن طريق

الرياح والماء، لتصنع صخورًا أصغر حجما، حصى، رمالًا وغبارًا. وتصبح الرمال والغبار معلقة في الماء ومن ثم يمكنها حينئذ أن تستقر في طبقات رسوبية أو طميّة في قاع بحر، أو بحيرة أو نهر. وعلى مدى زمن بالغ الطول، يمكن لهذه الرواسب أن تتصلب لتصنع طبقات من الصخور الرسوبية. وعلى الرغم من أن جميع الطبقات تبدأ مستوية وأفقية، فإننا غالبا ما نجدها وقد تعرضت لالتواءات، وانقلابات أو انحدارات في الوقت الذي نراه فيها، بعد ملايين السنين (سنعرف كيف يحدث هذا في الفصل العاشر المتعلق بالزلازل).

الآن، لنفترض أن حيوانًا ميتًا تصادف أن انجرف إلى الطمي ربما في مصب أحد الأنهار. وإذا تصلب الطمي فيما بعد ليصبح صخرًا رسوبيًا، فقد يتحلل جسد الحيوان تاركا في الصخر المتصلب علامة مجوّفة دالة على شكله الذي نجده في النهاية. وذلك من أحد أنواع الحفريات ـ نوع الصورة الـ «سالبة» للحيوان. أو قد تعمل العلامة المجوفة عمل قالب تستقر فيه مواد رسوبية جديدة تتصلب فيما بعد مكوِّنة نسخة مطابقة «موجبة» للشكل الخارجي لجسم الحيوان. وذلك نوع ثانٍ من الحفريات. وثمة نوع ثالث من الحفريات حيث تحل ذرات وجزيئات معدنية من الماء بدلا من ذرات وجزيئات جسم الحيوان، التي تتبلر فيما بعد لتشكل صخرة. وهذا أفضل أنواع الحفريات، من حسن الحظ، بسبب أن التفاصيل الدقيقة لما بداخل الحيوان يُعاد إنتاجها على الدوام، مباشرة من خلال الجزء الأوسط للحفرية.

وبالإمكان أيضا تحديد تواريخ الحفريات. ونستطيع أن نعرف أعمارها، غالبا بقياس النظائر المشعة في الصخور. وسوف نعرف ما هي النظائر والذرات في الفصل الرابع. وباختصار: النظائر المشعة هي نوع من الذرات التي تتحلل إلى ذرات نوع آخر؛ مثلا النوع المسمى اليورانيوم ـ 238 يتحول

إلى نوع يسمى الرصاص- 206. ونظرا لأننا نعرف الزمن الذي تستغرقه هذه العملية، يمكننا أن نعتبر نظير العنصر ساعة مشعة (له نشاط إشعاعي). والساعات المشعة أقرب شبها بالساعات المائية وساعات الشمع التي كانت تستخدم قبل اختراع ساعات البندول. فالساعة المائية كانت خزانا مائيا به ثقب في قاعه يتساقط منه الماء بمعدل قابل للقياس. وإذا تمّ ملء الخزان وقت الفجر، يمكن معرفة الزمن الذي انقضى من اليوم بقياس مستوى المياه الحالي. والأمر نفسه في ساعات الشمع. فالشمع يحترق بمعدل ثابت، لذلك نستطيع معرفة زمن الاحتراق بقياس كمية الشمع المتبقية. وفي حالة ساعة اليورانيوم ـ 238، نعلم أنها تقضي 4,5 بليون سنة ليتحلل نصف اليورانيوم ـ 238 إلى الرصاص ـ 206. وهذا يسمى «فترة نصف العمر» لليورانيوم ـ 238. لذلك بقياس كمية الرصاص ـ 206 الموجود بصخرة مقارنة بكمية اليورانيوم ـ 238، يمكن حساب الزمن المنقضي منذ انعدام اليورانيوم ـ 238 ووجود الرصاص ـ 206 فقط: بكلمات أخرى، ما الزمن المنقضي منذ كانت الساعة في «الوضع الصفري».

ومتى تكون الساعة في الوضع الصفري؟ حسنٌ، لا يحدث ذلك إلا في الصخور النارية، التي تكون ساعاتها جميعا صفرية في اللحظة التي يتجمد فيها الصخر المصهور ليصير مادة صلبة. ولا يحدث هذا للصخور الرسوبية، التي لا تمتلك «لحظة الصفر»، وهو أمر مؤسف لأن الحفريات توجد فقط في الصخور الرسوبية. لذلك يلزمنا أن نفتش عن الصخور النارية بالقرب من الطبقات الرسوبية ونستخدمها باعتبارها ساعات لنا. على سبيل المثال، إذا وُجدت حفرية في طبقة رسوبية بها صخرة نارية عمرها 120 مليون سنة فوقها، وصخرة نارية عمرها 130 مليون سنة أسفلها، سنعرف أن الحفرية يرجع عمرها إلى ما بين 120 إلى 130 مليون سنة تقريبا. وتلك هي الطريقة التي استخدمت في التوصل لجميع التواريخ التي أذكرها في هذا الفصل. وجميعها تواريخ تقريبية، ولا تؤخذ كتواريخ بالغة الدقة.

ليس اليورانيوم ـ 238 هو النظير المشع الوحيد الذي نستخدمه كساعة. فهناك الكثير من العناصر الأخرى، التي تمتلك فترات نصف عمريّة بانتشار مدهش وواسع النطاق. على سبيل المثال، للكربون ـ 14 فترة نصف العمر التي تبلغ 5,730 سنة فقط، والتي تجعله مفيدا لعلماء الآثار الباحثين في تاريخ الإنسان. وثمة حقيقة جيدة هي أن الكثير من الساعات الإشعاعية المختلفة لها تدرّجات زمنية متقاطعة، لذلك يمكننا استخدامها في فحص إحداها للأخرى. وهي عادةً ما تتوافق.

تعمل ساعة الكربون ـ 14 على نحو يختلف عن الساعات الأخرى. فهي لا تشتمل على صخور نارية بل تستخدم بقايا الأجسام الحية نفسها، مثل الأخشاب القديمة. كما أنها واحدة من أسرع الساعات الإشعاعية لدينا. لكن ما تزال فترة الـ 5.730 عامًا فترة طويلة مقارنة بعمر الإنسان، لذلك قد تُبادر بالسؤال عن كيفية علمنا بفترة نصف العمر للكربون ـ 14. لو نحينا جانبا كيف توصلنا إلى أن الـ 4,5 بليون سنة هي فترة نصف العمر لليورانيوم ـ 238! الإجابة سهلة. لا يلزمنا أن ننتظر حتى تتحلل نصف الذرات. نستطيع حساب معدل تحلل نسبة ضئيلة فقط من الذرات، ومن ثم تقدير فترة نصف العمر (ربع الفترة، جزء من مائة جزء من الفترة، ...إلخ).

رحلة في زمن مضى

هيا نُجري تجربة فكرية أخرى. لنأخذ عددا من الزملاء وندخل في آلة الزمن. ولنبدأ في إطلاق الآلة رجوعا في الزمن لعشرة آلاف عام. افتح الباب لتلقي نظرة على الناس الذين تقابلهم. لو حدث وهبطت في أرض هي ما تُسمى الآنِ العراق، سيكونون في مرحلة اختراع الزراعة. وفي معظم المواقع الأخرى سيكونون من ممارسي «الصيد والجمع»،

يتنقلون من مكان إلى آخر، يصطادون الحيوانات البرية ويجمعون الثمار البرية الصغيرة، بذور الفاكهة والجذور. ولن تكون قادرًا على فهم ما يقولونه وستكون ملابسهم (لو كانت موجودة أصلا) ملابس مختلفة للغاية. ومع ذلك، إذا ما ألبستهم من الأزياء الحديثة ومنحتهم قصات شعر معاصرة، فلن يختلف شكلهم عن البشر الحاليين (أو لن يزيد على الاختلاف بين أي أناس معاصرين وأناس آخرين في هذه الأيام). وسيكونون قادرين تماما على التناسل مع أي شخص حديث ممن يستقلون آلة الزمن معك.

الآن، خذ متطوعًا من بينهم (ربما كان جدك الأكبر رقم 400، لأن هذا تقريبًا هو الوقت الذي كان موجودا فيه) وانطلق مرة أخرى مع آلة الزمن، عائدا لعشرة آلاف سنة أخرى: أي بمقدار عشرين ألف سنة مضت، حيث تلوح أمامك فرصة لقاء جدك الأكبر رقم 800. في هذه المرة سيكون الناس الذين تراهم من نوعية العاملين بالصيد والجمع، ولهم الأجسام نفسها التي لدى الناس الحاليين، لكن مرة أخرى، ستكون لديهم قدرة كاملة على التناسل المشترك مع المعاصرين وإنتاج ذرية قادرة على الإنجاب. خذ واحدًا منهم معك في آلة الزمن، وانطلق لعشرة آلاف سنة أخرى في الماضي. استمر في هذه العملية، لتقطع في كل رحلة عودة عشرة آلاف سنة، وفي كل محطة خذ راكبًا جديدًا وخذه (أو خذها) موغلًا في الماضي.

المسألة أنه في نهاية المطاف، بعد عدد كبير من رحلات العشرة آلاف سنة، ربما بعد أن تقطع نحو مليون سنة في الزمن الماضي، ستبدأ في ملاحظة أن الناس الذين ستلاقيهم بعد خروجك من آلة الزمن مختلفون عنّا على نحو واضح ومحدد، ولا يستطيعون التناسل مع من يستقلون معك آلة الزمن منذ بداية الرحلة. لكنهم سيكونون قادرين

على التناسل مع آخر قائمة للمسافرين المضافين، الذين هم من تاريخ قديم مماثل لهم.

وأنا فقط أطرح المسألة نفسها كما فعلتُ من قبل ـ عن التغير التدريجي وكونه ضئيلا لحد بعيد، مثل عقرب الساعات المتحرك في الساعة ـ لكن باستخدام تجربة فكرية أخرى. وهذا يعادل الحديث بأسلوبين مختلفين، لأن ذلك أمر شديد الأهمية ويلزم فهمه فهما عميقا ـ للصعوبة البالغة لدى بعض الناس في تقدير أهميته.

دعونا نستأنف رحلتنا إلى الماضي، ونتطلع إلى بعض المحطات في طريق العودة لتلك المحطات الخاصة بالأسماك. لنفترض أننا وصلنا في التوّ مع آلة الزمن إلى محطة معنوّنة «قبل ستة ملايين سنة». ماذا سنجد هناك؟ طالما أننا حددنا موضعنا في إفريقيا، فسوف نعثر على الجدود الكبار رقم 250,000 (بحساب تقريبي للأجيال). سيكونون من النسانيس، ولربما كانوا أشبه بالشمبانزي بدرجة ما. لكنهم لن يكونوا من حيوان الشمبانزي. وبدلا من ذلك، سيكونون هم الأسلاف المشتركين بيننا وبين الشمبانزي. وسيكون اختلافهم عنّا اختلافا بالغا، وهو الأمر الذي يحول دون تناسلهم معنا. كما أنهم يختلفون بشدة عن الشمبانزي إلى حد يعوق التناسل فيما بينهما. غير أنه يمكنهم التناسل مع المسافرين الذين يستقلون متن الآلة من المحطة (خمسة ملايين وتسعمائة وتسعين ألف سنة). وكذلك من المحتمل أن يتناسلوا مع أولئك القادمين من المحطة (خمسة ملايين وتسعمائة ألف سنة). لكن ربما لا يتمكنون من التناسل مع هؤلاء الذين انضموا للرحلة من المحطة أربعة ملايين سنة خلت.

دعونا الآن نواصل قفزاتنا الزمنية البالغة عشرة آلاف سنة لكل واحدة، في طريق العودة إلى المحطة خمسة وعشرين مليون سنة. هناك سنجد أجدادك الأكبر (وأجدادي الأكبر أنا أيضا) رقم مليون ونصف المليون ـ

تقريبا. لن يكونوا من النسانيس، لأنه ستكون لهم ذيول. ونستطيع أن نطلق عليهم اسم القرود لو التقيناهم هذه الأيام، على الرغم من أنهم ليسوا أقرب بأي حال من القرود الحديثة مقارنة بقربهم منّا. ورغم اختلافهم الشديد عنّا، وعدم قدرتهم على التناسل معنا أو مع القرود الحديثة، فسوف يتزاوجون مبتهجين مع كل المسافرين المتماثلين معهم تقريبا، والذين التحقوا بالرحلة في المحطة أربعة وعشرين مليونا وتسعمائة وتسعين ألف سنة. وعلى طول الطريق تغير تدريجي.

مع استمرار رحلتنا، إلى الخلف دوما، لعشرة آلاف سنة في كل مرة، لا نجد تغييرا ملحوظا في كل توقف. دعونا نتوقف لنرى من يلقي علينا التحية في المحطة ثلاثة وستين مليون سنة ولّت. هنا نستطيع أن نتصافح بالأيدي (أم بالمخالب؟) مع أجدادنا رقم سبعة ملايين. إنهم يشبهون الليمور lenurs (*) لحد ما، أو الـ bushbabies جلاجو(**)، وهم في واقع الأمر أسلاف جميع أنواع الليمور والـ bushbabies الحديثة، فضلا عن كل القرود والنسانيس المعاصرة، بما فيها نحن بني الإنسان.

وتتماثل صلتها الوثيقة بالبشر الحاليين مع صلتها بالقرود الحديثة، بينما تنعدم صلتها بالليمور الحديث أو الـ bushbabies وهي لا تستطيع التوالد مع أي حيوانات حديثة. لكن يمكنها التوالد مع المسافرين الذين التقطناهم من المحطة اثنين وستين مليون وتسعمائة وتسعين ألف سنة. دعونا نرحب بهم على متن آلة الزمن، لنسرع إلى الوراء.

(*) حيوان شجري ثديي من الرئيسيات، له عينان كبيرتان وخطم طويل نحيل، وذيل طويل ـ المترجم.

(**) تُسمى أيضًا أطفال الأدغال، أو القرود الصغيرة.

في المحطة مائة مليون وخمسة ملايين سنة سنلتقي بالجد الأكبر رقم 45 مليونا. وهو أيضا السلف الأكبر لجميع الثدييات الحديثة فيما عدا الثدييات الكيسية(*) التي توجد الآن بكثرة في أستراليا وبأعداد قليلة في أمريكا ـ وmonotremes (البلاثيوس منقار البطة وقنفذ النمل، الموجود الآن في أستراليا/ نيوغينيا).. وهو ايضا قريب الصلة بالدرجة نفسها من جميع الثدييات الحديثة، رغم أنه قد يبدو أكثر شبها لحد ما ببعضها بعضًا دون الأخرى.

تقدم لنا المحطة ثلاثمائة مليون وعشرة ملايين سنة جدتنا الكبرى رقم 170 مليونًا. إنها السلف الأكبر لجميع الثدييات الحديثة، جميع الزواحف الحديثة، الثعابين، السحالي، السلاحف، التماسيح ـ وجميع الديناصورات (بما فيها الطيور، لأن الطيور نشأت من أنواع معينة من الديناصورات). وقرابتها بعيدة بالقدر نفسه بكل تلك الحيوانات الحديثة، رغم أنها تبدو أقرب شبهًا بالسحالي. ويعني ذلك أن السحالي لم يحدث بها تغيير يذكر منذ تاريخ نشأتها، كما حدث مثلا للثدييات.

المسافرون طبقا للتوقيتات الفصلية مثلنا، لا يكاد يفصلهم الكثير حتى يصلوا إلى السمكة التي ذكرتُها من قبل. وهيا بنا نتوقف مرة أخرى في الطريق: في المحطة ثلاثمائة وأربعين مليون سنة ماضية، حيث نلتقي بجدنا الأكبر رقم 175 مليونًا. إنه يشبه لحد ما سمندل الماء، وهو السلف الأكبر لجميع البرمائيات الحديثة (سمندل الماء والضفادع) فضلا عن جميع الفقاريات الأرضية الأخرى.

وهكذا حتى المحطة أربعمائة وسبعة عشر مليون سنة وجدك الأكبر رقم 185 مليونًا، السمكة التي التقيناها من قبل. ومن هناك يمكننا أن نواصل التوغل في الماضي، لنلاقي المزيد والمزيد من الأجداد الأكبر الأبعدين،

(*) تتضمن الكنغر والومبت الموجود في أستراليا والأمريكتين ـ المترجم.

بمن فيهم أنواع متباينة من أسماك ذات فكوك، ثم أسماك بلا فكوك، ثم ... حسنٌ، ثم تبدأ ذاكرتنا تغيم في نوع ضبابي من عدم اليقين، لأن هذه الأزمنة القديمة للغاية هي التي بدأنا عندها نُجبَر على الرحيل من الحفريات.

الـ دي إن إيه يخبرنا أننا جميعًا أبناء عمومة

على الرغم من أننا نفتقر إلى الحفريات التي تخبرنا بالتحديد عن الهيئة التي كان عليها أوائل أسلافنا الأقدمين، فلا شك لدينا على الإطلاق في أن جميع الكائنات الحية أبناء عمومة لنا، وأبناء عمومة فيما بينهم. كما أننا نعرف ما الحيوانات الحديثة أبناء العمومة القريبين لبعضهم بعضًا (مثل الإنسان والشمبانزي، أو الجرذان والفئران)، ومن هم أبناء العمومة البعيدين عن بعضهم بعضًا (مثل الإنسان وطيور الوقواق، أو الفئران والقاطور(*)). كيف نعرف هذا؟ بالمقارنة المنهجية فيما بينها. وفي هذه الأيام، تأتي أهم الدلائل وضوحا من مقارنة الـDNA الخاص بكل واحدة منها.

الـDNA هي المعلومات الجينية التي تحملها جميع الكائنات الحية في كل خلية من خلاياها. وتتوزع الـDNA على امتداد «شرائط» معلوماتية لولبية هائلة العدد، تسمى «الكروموسومات». وهذه الكروموسومات تشبه في الواقع لحد كبير نوع شرائط البيانات التي نُغذِّي بها جهاز كمبيوتر من الطراز القديم، لأن المعلومات التي تحملها هي معلومات رقمية (ديجيتال) تتوزع عليها بانتظام. وهي تتكوّن من خيوط طويلة من «الحروف» الشفرية، وتستطيع قراءتها وإحصاءها: كل حرف منها هو إما كذا أو ليس كذا ـ ولا توجد مقاييس بين بين. وذلك هو ما يجعلها من النوع الرقمي، وهو السبب في أننا نقول إن الـDNA «تتوزع».

(*) نوع من التماسيح يوجد في أمريكا والصين، له أسنان حادة وفكان قويان، وأنف أعرض وأقصر من أنف التمساح ـ المترجم.

وجميع الجينات، في كل حيوان، نبات أوبكتيريا، شوهدت على الإطلاق، هي رسائل مشفرة عن كيفية بناء الكائن، مكتوبة بأبجدية قياسية. وهذه الأبجدية تحتوي على أربعة حروف فقط يتم الاختيار فيما بينها (في مقابل الـ 26 حرفا المكوّنة للأبجدية الإنجليزية). ونكتب حروف الـDNA على الصورة: A,T,C,G. وتوجد الجينات ذاتها في كائنات مختلفة عديدة، مع اختلافات ضئيلة كاشفة. على سبيل المثال، هناك جين يسمى FoxP2، تشترك فيه كل الحيوانات بالإضافة للكثير من الكائنات الأخرى. وهذا الجين يمثله خيط يتكون من أكثر من 2,000 حرف.

تستطيع أن تقول إن ذات الجين FoxP2 موجود في كل الثدييات لأن الأغلبية العظمى من الحروف الشفرية هي نفسها. وفي حين أن حروف الشمبانزي تبدو مماثلة تماما لحروفنا، فإن للفئران عددًا أقل من الحروف المتشابهة معنا. فمن بين ما مجموعه 2,076 حرفا في FoxP2، فإن لدى الشمبانزي تسعة حروف فقط تختلف عن حروفنا، في حين أن لدى الفأر 139 حرفا مختلفة عنّا. ويسري هذا النموذج على الجينات الأخرى أيضا. ويوضح ذلك سبب التشابه الكبير بيننا وبين الشمبانزي، وقلة التشابه بيننا وبين الفئران.

الشمبانزي هم أبناء عمومتنا الأقرب، بينما الفئران أبناء عمومة أبعد. و«أبناء العمومة الأبعد» تعني أن الأسلاف الأكثر حداثة الذين نشاركهم القرابة كانوا يعيشون منذ زمن بعيد. والقرود أقرب لنا من الفئران لكنهم أبعد من الشمبانزي. البابونات وقرود المكاك الهندي تنتمي إلى القرود، وهم أبناء عمومة قريبون من بعضهم بعضًا، وغالبا ما يمتلكون جينات FoxP2 متماثلة. وتتساوى المسافة بينهما وبين الشمبانزي تماما مع المسافة بيننا وبينهم؛ ويتساوى غالبا عدد حروف الـDNA في FoxP2 التي تفصل بين البابونات والشمبانزي (24 حرفًا) مع عدد الحروف التي تفصل بين البابونات والإنسان (23 حرفًا). كل شيء تمام.

فقط لاستكمال هذه الفكرة البسيطة، فالضفادع هي الأكثر بعدًا بكثير كأبناء عمومة إزاء جميع الثدييات. ولدى جميع الثدييات عدد حروف متماثل تقريبا عند حساب فروق الحروف المختلفة بينها وبين الضفدعة (نحو 140)، لسبب بسيط وهو أنها جميعا متساوية تماما باعتبارها أبناء عمومة قريبين: إذ إن جميع الثدييات تشترك في أسلاف أكثر حداثة إحداها مع الأخرى (منذ نحو 180 مليون سنة) مقارنة بعلاقتها بالضفادع (تقريبا منذ 340 مليون سنة).

لكن بطبيعة الحال ليس كل البشر هم نفس البشر الآخرين، وليس كل البابونات مثل البابونات الأخرى وليس كل الفئران هم نفس الفئران الأخرى. ومن الممكن مقارنة جيناتك مع جيناتي، حرفا بحرف. والنتيجة؟ سوف نكتشف أن لدينا حروفا مشتركة أكثر مما هو مشترك بين أي واحد منّا وأي شمبانزي. لكن سوف نجد بعض الحروف المختلفة. ولن تكون كبيرة العدد، ولا يوجد سبب محدد لتمييز الجين FoxP2. لكنك لو أحصيت عدد الحروف التي يتشارك فيها جميع الناس في كل جيناتنا، لكانت أكثر عددا مما هو مشترك بين أي واحد منّا وبين أي شمبانزي. وأنت تشترك في حروف مع ابن عمك تزيد عن الحروف المشتركة بينك وبيني. وأنت تشترك في حروف أكثر مع أبيك ومع أمك ومع أختك أو أخيك (لو كان لك أخت أو أخ). في الواقع، تستطيع أن تتوصل إلى درجة القرابة بين أي شخصين من إحصاء عدد حروف الـDNA المشتركة بينهما. وعملية الإحصاء هذه تنطوي على إثارة في ذاتها، وثمة احتمالات لسماع المزيد عنها في المستقبل. على سبيل المثال، سيكون بمقدور الشرطة تتبع شخص معين حال حصولهم على بصمة الـDNA الخاصة بأخيه.

من المعلوم أن بعض الجينات تتطابق لدى جميع الثدييات (مع

اختلافات ثانوية). وإحصاء عدد اختلافات الحروف في مثل هذه الجينات يفيد في التعرف على درجة القرابة بين مختلف أنواع الثدييات. وتفيدنا جينات أخرى في معرفة العلاقات الأكثر بعدا، على سبيل المثال، بين الفقاريات والديدان. وتفيد بعض الجينات الأخرى مرة ثانية في معرفة العلاقات داخل نوع واحد ـ مثلا، لمعرفة مدى القرابة بينك وبيني. وفي حال اهتمامك بهذا، إذا حدث وكنتَ قادما من إنجلترا، فإن سلفنا المشترك الأكثر حداثة لا بد أنه كان يعيش منذ قرون قليلة فقط. ولو كنت من أبناء تسمانيا الأصليين، أو من الأمريكيين الأصليين لتعين أن نرجع إلى الوراء عدة عشرات الآلاف من السنين لنجد سلفا مشتركا بيننا. وإذا كنت Kung! San -من صحراء كالهاري، لوجب علينا أن نعود أكثر إلى الوراء.

أما الحقيقة التي لا يطالها الشك فهي أننا نشترك في سلف واحد مع كل الأنواع الأخرى للحيوانات والنباتات على هذا الكوكب. وقد توصلنا لهذا لأنه بات معلوما أن ثمة بعض الجينات المشتركة على وجه التحديد بين جميع المخلوقات، بما فيها الحيوانات والنباتات والبكتيريا. وفوق كل هذا، فإن الشفرة الجينية ـ المعجم الذي يتم من خلاله ترجمة كل الجينات ـ هي الشفرة نفسها بين جميع الكائنات الحية التي خرجت إلى الوجود. فنحن جميعا أبناء عمومة. وشجرة عائلتك لا تشتمل فحسب على أبناء عمومتك الواضحين مثل الشمبانزي والقرود لكنها تضم أيضا الفئران، والجاموس، وسحالي إجوانا وحيوان الولب(*) ، الحلزونات، والطرخشقون، النسور الذهبية، الفطر، الحيتان، الومبت والبكتيريا. الجميع أبناء عمومتنا. أي كل ما هو باقٍ على قيد الحياة. أليست تلك فكرة أكثر مدعاة للتعجب من أي أسطورة؟ وما هو أكثر إثارة للدهشة من أي شيء آخر أن ندرك على نحو مؤكد أن تلك حقيقة مؤكدة.

(*) يعيش في أستراليا والجزر المجاورة، ذو قرابة بالكنغر ـ المترجم.

الفصل الثالث

لماذا يوجد عدد بالغ الكثرة من الحيوانات المختلفة؟



ثمة عدد كبير من الأساطير التي تحاول تفسير السبب في وجود أنواع معينة من الحيوانات بالشكل الذي هي عليه ـ تلك الأساطير التي «تفسر» أشياء من نوع السبب في الجلد المرقط للفهود، وامتلاك الأرانب لذيول بيضاء اللون. لكن لا يبدو أن هناك أساطير كثيرة حول المدى شديد التنوع والتباين للأنواع المختلفة للحيوانات. ولا أستطيع أن أجد ما يماثل الأسطورة اليهودية عن برج بابل، التي تعلّل التنوع الهائل للغات. ففي زمن معين، طبقا لهذه الأسطورة، كان جميع الناس في أنحاء العالم يتحدثون بلغة واحدة. واستطاعوا بالتالي أن يعملوا معا بتناغم في بناء برج عظيم، مؤمِّلين أن يصل بهم إلى السماء. ولاحظ الربُّ ذلك واستحوذت عليه فكرة شديدة الغموض حول كل شخص قادر على التفاهم مع شخص آخر. ماذا هم فاعلون بعد ذلك، إذا كان بمقدورهم أن يتحدثوا مع بعضهم بعضًا ويعملوا معًا؟ لهذا اتّخذ قرارا بأن «يشوِّش عليهم لغتهم» حتى «لا يتمكن الواحد منهم من فهم كلام الآخر». وتقول لنا الأسطورة إن هذا هو السبب في وجود عدد كبير من اللغات المختلفة، وكذلك السبب في أنه عندما يحاول الناس التحدث إلى آخرين من بلد مختلف أو قبيلة مختلفة بدا حديثهم كأنه ثرثرة بلا معنى. والعجيب في الأمر، أنه لا توجد صلة بين الكلمة الإنجليزية (*) babble وبرج بابل Babel Tower.

(*) بمعنى: بربرة، ثرثرة ـ المترجم.

كان يراودني الأمل أن أجد أسطورة مماثلة حول التنوع الهائل في الحيوانات، لأن ثمة تماثلًا بين تطور اللغات والتطور في الحيوانات، كما سوف نرى. لكن لا يبدو أن هناك أي أسطورة تتناول بشكل خاص العدد الهائل للأنواع المختلفة للحيوانات. وهذا مثير للدهشة، لأن هناك دلائل غير مباشِرة على أن الناس في القبائل المختلفة بمقدورهم أن يدركوا تماما حقيقة وجود أنواع متباينة من الحيوانات. وفي عشرينيات القرن العشرين، قام العالم الألماني الشهير وقتذاك إرنست ماير ـ Ernst Mayr بدراسة رائدة على طيور الأراضي المرتفعة في غينيا الجديدة. وأورد قائمة تضم 137 نوعًا، ثم اكتشف، وقد اعتراه الذهول، أن لدى رجال القبائل المحليين في بابوان أسماء مستقلة لـ 136 نوعًا منها.

عودة إلى الأساطير. لدى قبيلة هوبي Hopi في أمريكا الشمالية إلاهة تُسمى المرأة العنكبوت. وفي أسطورة الخلق الخاصة بهم اقترنت الإلاهة بإله الشمس تاوا Tawa، وأنشدا معا كثنائي غنائي أول أغنية سحرية. وهذه الأغنية جلبت الأرض، والحياة إلى الوجود. حينئذ التقطت المرأة العنكبوت خيوط أفكار تاوا ونسجتها على هيئة مادة صلبة؛ لتخلق الأسماك، الطيور والحيوانات الأخرى.

ولدى قبائل أخرى بأمريكا الشمالية؛ رجال قبيلتي بويبلو Pueblo ونافاجو Navajo، أسطورة عن الحياة تشبه قليلا نظرية التطوّر: فقد بزغت الحياة من الكرة الأرضية كما برعم النبات الذي ينمو كمراحل متتالية. والحشرات قد صعدت من عالمها، العالم الأول أو العالم الأحمر، إلى أعلى حيث العالم الثاني، العالم الأزرق، الذي تعيش فيه الطيور. حينئذ صار العالم الثاني مزدحما للغاية، وبناء عليه، طارت الطيور والحشرات إلى العالم الثالث أو العالم الأصفر، حيث سكنى البشر والثدييات الأخرى. وصار العالم الأصفر بدوّره مكتظا بما فيه وبات الطعام شحيحا،

هبوا جميعا: الحشرات، الطيور وكل الناس إلى العالم الرابع، عالم الأبيض والأسود للنهار والليل. وهنا كان الآلهة قد أتمت خلق أناس أكثر مهارة يعرفون كيف يفلحون العالم الرابع وقاموا بتعليم القادمين الجدد كيف يؤدون ذلك أيضا.

تكاد أسطورة الخلق عند اليهود أن تكون قريبة من الإنصاف في صالح التنوع، لكنها في الواقع لا تحاول تفسيره. وفي حقيقة الأمر، يقدم الكتاب المقدس لليهود أسطورتين مختلفتين لعملية الخلق، كما رأينا في الفصل السابق. في الأسطورة الأولى، خلق إله اليهود كل شيء في ستة أيام. في اليوم الخامس خلق الأسماك، والحيتان وكل الكائنات البحرية، وطيور الهواء. وفي اليوم السادس صنع باقي حيوانات اليابسة، بما فيها الإنسان. وتعطي لغة الأسطورة بعض الاهتمام لأعداد الكائنات الحية وتنوعها ـ على سبيل المثال، «خلق الإله الحيتان الضخمة، وكل كائن حي يتحرك أنتجته المياه بوفرة، تابعا لنوعه، وكل طير بأجنحة تابعا لنوعه، وصنع كل «دابة على الأرض»، و«كل شيء يزحف على الأرض تابعا لنوعه». لكن لماذا كان هناك مثل هذا التنوع؟ لم يخبرنا أحد بهذا.

في الأسطورة الثانية تأتينا بعض الإشارات بأن الإله قد تكون لديه فكرة عن حاجة الإنسان الأولى لتنوع الرفاق. وقد خُلِق آدم، الإنسان الأول، بمفرده ووُضع في حديقة الواحة الجميلة. لكن حينئذ أيقن الإله أنه «من غير المناسب أن يستمر الرجل وحيدا» ولذلك صاغ كل دابّة للحقل وكل طير في الهواء؛ وجلبهم إلى آدم ليرى ماذا سيسمي «كلّ كائن منها».

لماذا توجد في حقيقة الأمر أنواع متباينة ومتعددة من الحيوانات؟

كانت مهمة آدم في تسمية جميع الحيوانات مهمة شاقة ـ أكثر مشقة من

استطاعة اليهود القدماء آنذاك أن يقدّروا. وتشير التقديرات إلى أن نحو مليوني نوع حتى الآن قد اتّخذت أسماء علمية، وحتى هذا العدد ليس سوى جزء صغير من كم الأنواع اللازم تسميتها بعد.

وكيف لنا مع ذلك أن نقرر ما إذا كان حيوانان ينتميان إلى النوع نفسه أم أنهما ضمن نوعين آخرين؟ أينما تتكاثر الحيوانات جنسيًّا، نستطيع أن نستنتج شكلا من التعريف. إذ تنتمي الحيوانات إلى أنواع مختلفة إذا كانت لا تتناسل معا. وثمة حالات غير محددة النوع مثل الخيول والحمير، يمكنها التناسل سويا وتنتج ذرية (تسمى البغال أو النغال) والتي تكون عقيمة ـ بمعنى أنها لا تنتج ذرية من نوعها. ولذلك نضع الحصان والحمار ضمن نوعين مختلفين. وعلى نحو أكثر وضوحا، تنتمي الخيول والكلاب إلى نوعين مختلفين لأنها حتى لا تحاول التكاثر معا، ولا تستطيع إنتاج ذرية، حتى لو حاولت ذلك، ولو ذرية عقيمة. أما الكلب الإسباني وكلب الصيد الأوربي بودلز فينتميان إلى نفس النوع لأنهما يتناسلان فيما بينهما بعفوية، والجراء التي تنتج عنهما تتميز بالخصوبة.

يتكون الاسم العلمي لكل حيوان أو نبات من كلمتين لاتينيتين. وتشير الكلمة الأولى إلى «جنس» أو فئة النوع، والثانية إلى النوع المفرد في داخل الجنس. فكلمة Homo sapiens (إنسان عاقل) وكلمة Elephas maximus (فيل ضخم) مثالان على ذلك. وكل نوع هو عضو في جنس. فكلمة Homo «إنسان» هو جنس. كذلك كلمة Elephas «فيل». والأسد هو Panthera Leo والجنس Panthera يضم أيضا Panthera tigris «النمر»، Panthera Pardus (الفهد أو النمر الأسود)، وPanthera onca «الجاكوار ـ النمر الأمريكي». والإنسان العاقل Homo sapiens، هو النوع الوحيد الباقي حيًا من جنسنا، لكن الحفريات قد أعطت لها أسماء مثل: Homo erectus وHomo habilis. أما الحفريات الأخرى شبيهة الإنسان

فهي مختلفة كثيرا عن الإنسان ـ Homo إلى حد يكفي لوضعها في جنس مختلف، مثلا، Australopithecus africanus وكذلك Australopithecus afarensis (لا علاقة لهما بأستراليا، بالمناسبة: فإن كلمة Australo تعني فقط «جنوبي» والتي تبين أيضا أن اسم أستراليا مشتق منها).

وكل جنس ينتمي إلى عائلة Family، عادة ما يكتب بالأحرف الرومانية الشائعة، بالحرف الكبير في البداية. وتشكل السنوريات ـ Cats (التي تشمل الأسود، الفهود، الفهود الصيّادة، الأوشاق وعددًا كبيرًا من السنوريات الأصغر حجمًا) عائلة السنوريات Felidae. وكل عائلة تنتمي إلى فصيلة Order. إذ نجد أن القطط، الكلاب، الدببة، ابن آوى والضباع تنتمي إلى عائلات مختلفة داخل فصيلة آكلات اللحوم Carnivora. أما القرود، النسانيس (بما فيها الإنسان) والهبار (الليمور) تنتمي إلى عائلات مختلفة ضمن فصيلة الثدييات Primates. وكل فصيلة تنتمي إلى طائفة Class. وجميع الثدييات تقع في طائفة Mammalia.

هل تستطيع أن ترى شكل شجرة تتطوّر في عقلك وأنت تقرأ هذا الوصف لتتابع عملية التجميع؟ إنها شجرة عائلة: شجرة لها كثير من الفروع، كل فرع يضم فروعا صغيرة، وكل فرع صغير به فروع أصغر. والأطراف الرفيعة للبراعم تمثل الأنواع. والتجمعات الأخرى ـ طائفة، فصيلة، عائلة، جنس ـ هي الفروع والفروع الصغيرة. والشجرة بكاملها تمثل كل الحياة على كوكبنا.

لنفكر في سبب أن الأشجار بها هذا العدد الهائل من البراعم. الفروع تتفرع. عندما يكون لدينا ما يكفي من فروع وفروع الفروع يصبح العدد الإجمالي للبراعم مهولا. ذلك هو ما يحدث في عملية التطور. وقد رسم تشارلز داروين.بنفسه شجرة ذات فروع وهي الصورة الوحيدة التي يتضمنها كتابه الأكثر شهرة، أصل الأنواع On The Origin of Species.

وقد وضع رسمًا في نسخة أولية بإحدى كراساته قبل سنوات من ذلك. وفي أعلى الصفحة كتب رسالة موجزة مبهمة لنفسه: «أعتقد». ماذا تظن ما كان يقصده؟ ربما شرع يكتب جملة بينما قاطعه أحد أطفاله وبالتالي لم يكملها أبدا. وربما وجد أنه من الأيسر أن يضع بسرعة ما كان يفكر فيه في هذا الرسم بدلا من الكلمات. وربما لن نعرف مطلقا. وتوجد كتابة أخرى بخط يده على الصفحة لكن من المتعذر فك طلاسمها، حيث كُتبت ذات يوم ولم يكن يقصد نشرها أبدا.

ما يلي ليس عرضا دقيقا لكيفية تفرّع الشجرة الحيوانية، غير أنه يقدم لك فكرة عن المبدأ. لنتخيل نوعًا من الأسلاف ينقسم إلى نوعين. إذا انقسم كل نوع منهما إلى نوعين لأصبح عندنا أربعة أنواع. ولو انقسم كل واحد من الأربعة إلى اثنين لصاروا ثمانية أنواع، وهكذا إلى 16، 32، 64، 128، 256، 512، ... إلخ. وتستطيع أن ترى أنه، لو واصلت عملية التقسيم، فلن يمضي وقت طويل حتى تصل إلى ملايين الأنواع. من المحتمل أن يعزز ذلك لديك إدراكا معينا، لكنك قد تتعجب من أنه يتعين على النوع أن ينقسم. تمام، يشبه هذا لحد كبير سبب انقسام لغات البشر، لذلك دعنا نتوقف لنفكر في هذا الأمر لبعض الوقت.

عن بُعد: كيف تنقسم اللغات والأنواع

على الرغم من أن أسطورة برج بابل، بطبيعة الحال، ليست حقيقية، فإنها تطرح جديًّا التساؤل المثير عن سبب وجود هذا العدد الهائل من اللغات المختلفة.

نظرا لأن بعض الأنواع تتشابه مع بعضها بعضًا أكثر من غيرها وتوضع في العائلة نفسها، لذلك توجد عائلات للّغات. فاللغات: الإسبانية، الإيطالية، البرتغالية، الفرنسية والكثير من اللغات واللهجات الأوربية مثل

الرومانية Occitan، Galician والكتالونية تتشابه مع بعضها بعضًا إلى حد كبير؛ وتسمى معا «اللغات الرومانسية». ويأتي اسمها بالتأكيد من أصلها المشترك في اللاتينية، لغة روما القديمة وليس لأي ارتباط بالرومانسية. لكن دعنا نستخدم تعبيرا للحب كمثال لنا. اعتمادا على البلد الذي أنت منه، يمكنك الإفصاح عن مشاعرك بوسيلة من الوسائل التالية: أحبك «Je t'aime و Ti amo, Amote, T aima». وباللاتينية تكون «Te amo» تمامًا كما في الإسبانية الحديثة.

وللتعبير عن حبك لشخص ما في كينيا، تنزانيا أو أوغندا، تقول باللغة السواحلية «Nakupenda». وبالاتجاه للجنوب قليلا، في موزمبيق، زامبيا أو المالاوي التي نشأتُ وتربيتُ فيها، يمكنك أن تقول، بلغة تشنيانجا: «Ndimakukonda». وفي عائلة اللغات المسماة البانتو Bantu بجنوب إفريقيا يمكنك أن تقول «Ndinokuda»، أو «Ndiyakuthanda» أو، بلغة الزولو «Zulu» تقول «Ngiyakuthanda». وهذه العائلة للغات البانتو منفصلة تماما عن عائلة اللغات الرومانسية، وكلاهما منفصل عن العائلة الجرمانية التي تضم اللغات الهولندية، الألمانية والإسكندينافية. انظر لطريقة استخدامنا لكلمة «عائلة» من اللغات، مماثلة لما نفعله تماما في الأنواع (عائلة السنوريات وعائلة الكلاب) وأيضا، بطبيعة الحال، لعائلتنا نحن (عائلة جونز، عائلة روبنسون، عائلة داوكنز).

ومن غير العسير اكتشاف كيفية نشوء العائلات المرتبطة باللغات على مدى القرون. استمع إلى الطريقة التي تتحدث بها أنت وأصدقاؤك فيما بينكم، وقارنها بالطريقة التي يتحدث بها جدودك. ستجد أن أحاديثهم تختلف قليلا وتستطيع أن تفهمها بسهولة، لأنه لا يفصلك عنهم سوى جيلين فقط. والآن لتتخيل أنك تتحدث، ليس إلى جدودك بل إلى أجدّادك الأكبر رقم 25. فإذا كنت إنجليزيا، فلربما تكون قد عدت إلى

نهاية القرن الرابع عشر - في زمن حياة الشاعر جيفري تشوسر Geoffrey Chaucer، الذي كتب أوصافا على هذه الشاكلة:

He was a lord ful fat and in good poynt;
His eyen stepe, and rollynge in his heed,
That stemed as a forneys of a leed;
His bootes souple, his hors in greet estaat.
Now certeinly he was a fair prelaat;
He was nat pale as a forpyned goost.
A fat swan loved he best of any roost.
His palfrey was as broun as is a berye(*).

حسنٌ، إنها لغة إنجليزية بالتأكيد، أليس كذلك؟ لكنني أراهن أنك ستقضي وقتا صعبا في فهمها إذا سمعتها منطوقة. أما لو كانت مختلفة أكثر من ذلك فقد تعتبرها لغة منفصلة، بقدر اختلاف الإسبانية عن الإيطالية.

وهكذا، فإن اللغة في أي مكان بعينه تختلف من قرن إلى قرن. ويمكننا القول إنها «تنجرف» إلى شيء ما مختلف، والآن أضف حقيقة أن الناس الذين يتحدثون اللغة نفسها في أماكن مختلفة لا تسنح لهم فرصة سماع بعضهم بعضًا (أو على الأقل لم يكن ممكنا لهم ذلك قبل اختراع التليفون والراديو)؛ وحقيقة أن اللغة تحدث لها إزاحة في اتجاهات مختلفة في أماكن مختلفة. وينطبق هذا على الطريقة التي تُنطق بها. فضلا عن

(*) «كان سيدا بين الناس، سمينا جدًّا، متمتعا بصحة تامة، وكانت عيناه كبيرتان جاحظتان كأنهما تتدحرجان في رأسه، وكانتا تتقدان كالنار تحت القدر، وكان حذاؤه من الجلد اللدن، وحصانه مسرجا بأثمن السروج، ولا شك أنه كان قسيسا جميلا عظيمًا، ولم يكن لونه شاحبا كأرواح الموتى الشقيّة، وكان أشهى طعام يُطهى لديه هو البجعة السمينة، وكانت الفرس التي يمتطيها بنيّة كثمر العناب»، من كتاب حكايا كانتبري - ترجمة د. مجدي وهبة، د. عبد المجيد يونس، الهيئة المصرية العامة للكتاب 1983.

الكلمات نفسها: ولتفكر في طريقة اختلاف نطق اللغة الإنجليزية في أسكتلندا، ويلز، Georde، كورنول، أستراليا أو أمريكا. ويستطيع الأسكتلنديون أن يميزوا بسهولة لهجة إيدنبرج عن لهجة جلاسجو أو لهجة هبريدين. وبمرور الزمن، فإن كلًّ من طريقة نطق اللغة والكلمات المستخدمة يصبحان مميزين للمنطقة؛ وعندما تحدث إزاحة لنطق اللغة في طريقين منفصلين بما يكفي، نطلق عليهما «لهجتين مختلفتين».

وبعد عدة قرون من الإزاحة، فإن اللهجات الإقليمية المختلفة تصبح في النهاية بالغة الاختلاف حتى إن الناس في منطقة معينة سرعان ما لا يفهمون الناس في المناطق الأخرى. عند هذا الحد نطلق عليها «لغات منفصلة». وذلك هو ما حدث عندما تباعد الألمان والهولنديون في اتجاهات مختلفة، من لغة أسلاف منقرضة حاليا. كما أن هذا هو ما حدث حينما ابتعدت اللغات الفرنسية، الإيطالية، الإسبانية، والبرتغالية عن اللاتينية إلى أجزاء متفرقة من أوربا. وتستطيع أن ترسم شجرة عائلة للغات، مع «أبناء عمومة» كالفرنسية، البرتغالية والإيطالية على «أفرع» متجاورة وأسلاف مثل اللاتينية في موضع أدنى كثيرا بالشجرة تماما كما فعل داروين مع الأنواع.

وكما في اللغات، تتمايز الأنواع بمرور الزمن وبتغير المسافة. وقبل أن ننظر في سبب حدوث هذا، نحتاج أن نرى كيفية فعله. وبالنسبة للأنواع، المكافئ للكلمات هو الـDNA ـ المعلومات الجينية التي يحملها كل كائن حي في داخله وتحدد طريقة بنائه، كما رأينا في الفصل الثاني. وما إن يتناسل الأفراد جنسيًّا، فإنهم يخلطون الـDNA الخاص بكل منهم، وعندما ينتقل أفراد من السكان المحليين إلى سكان محليين آخرين ويقدمون جيناتهم لهم من خلال الاقتران مع أفراد من السكان الذين انضموا إليهم بالفعل، نطلق على هذا اسم «تدفق جيني».

لنقل، إن المكافئ لإزاحة الإيطاليين عن الفرنسيين يأتي من أن الـDNA الخاص بجماعتين متباعدتين من نوع معين يصبح أقل تشابهًا بالتدريج مع مرور الزمن. إذ يصبح الـDNA الخاص بهما أقل قدرة على نحو متزايد على العمل بشكل مشترك لإنتاج أبناء. فالحمير والخيول تستطيع التناسل معا لكن دي إن إيه الخيول أخذ يبتعد عن دي إن إيه الحمير إلى مدى بعيد إلى حد يتعذر معه فهم أحدهما للآخر. أو الأرجح، استطاعة الاندماج المناسب بما يكفي - «لهجتا الـDNA» للاثنين تستطيعان التفاهم معًا بدرجة كافية لصناعة كائن حي، بغل، لكنها لا تكفي بما يكفل إنتاج كائن يستطيع التناسل بنفسه: فالبغال، كما رأينا من قبل، عقيمة.

ثمة فرق مهم بين الأنواع واللغات يتمثل في أن اللغات تستطيع التقاط «كلمات دخيلة» من اللغات الأخرى. الإنجليزية على سبيل المثال وبعد فترة طويلة من تطورها كلغة مستقلة عن مصادر اللغة الرومانسية، الجرمانية والسلتية، التقطت كلمة «شامبو» من اللهجات الهندية في شمال الهند، و«آيسبرج iceberg بمعنى جبل جليدي عائم» من النرويجية، و«بانجالو bungalow بمعنى الكوخ» من البنغالية، وanorak بمعنى معطف بقلنسوة» من Inuit. أما أنواع الحيوان، في المقابل، فلا تتبادل الـDNA أبدا مرة أخرى على الإطلاق (أو غالبًا على الإطلاق)، بمجرد أن تبتعد مسافة تكفي لإيقاف التكاثر معا. وللبكتيريا قصة أخرى: بالتأكيد تتبادل الجينات فيما بينها، لكن ليس بهذا الكتاب مساحة تكفي للمضي في هذا. وفيما تبقى من هذا الفصل، سنأخذ على عاتقنا التحدث عن الحيوانات.

الجُزُر والعزل: قوة الانفصال

وهكذا، تنزاح بعيدا دي إن إيه الأنواع عندما تنفصل، كما يحدث لكلمات اللغات. ما سبب القدرة على هذا؟ ما هذا الذي يمكنه بدء

الانفصال؟ ربما يكون البحر احتمالا واضحا للإجابة. إذ لا تلتقي الجماعات على الجزر المنفصلة ببعضها بعضًا ـ ليس دائما، بأي وسيلة ـ لذلك فإن المجموعة الجينية لكل منها تتاح أمامها فرصة الابتعاد عن الأخرى. وهذا يعطي للجزر أهمية كبيرة في بزوغ أنواع جديدة. لكننا نستطيع التفكير في جزيرة ما باعتبارها أكثر من مجرد قطعة أرض محاطة بالمياه. فبالنسبة لضفدع تعتبر واحة ما «جزيرة» تستطيع العيش فيها، محاطًا بصحراء لا يمكنها العيش فيها. وبالنسبة لسمكة، فأي بحيرة هي جزيرة. فالجزر لها أهميتها، لكل من الأنواع واللغات، ذلك لأن أي جماعة في جزيرة تنعزل عن الاتصال بالجماعات الأخرى (بما يمنع انتقال الجينات في حالة الأنواع، تماما كامتناع اللغات عن السريان) وبالتالي تصبح حرة في البدء في التطور وفق اتجاهها الخاص.

النقطة المهمة التالية أن الجماعة الموجودة في جزيرة ما ليست بحاجة للعزلة إلى الأبد: تستطيع الجينات أحيانا أن تعبر الحاجز المحيط بها، سواء كان ماء أو أرضًا غير مأهولة.

في 4 أكتوبر عام 1995 أُلقيت قطع خشبية وأشجار مجتثة الجذور على شاطئ بالجزيرة الكاريبية لأنجويلا Anguilla . وكان على القطع الخشبية 15 سحلية خضراء من نوع الإجوانة، أحياء بعد رحلة لا بد أنها كانت محفوفة بالمخاطر من جزيرة أخرى، من المحتمل أنها Guadeloupe، على بعد 160 ميلا منها. وكان قد ثار إعصاران هما لويس وماريلين في الكاريبي قبل شهر من ذلك، فاقتلعا الأشجار من جذورها ليقذفا بها في البحر. ويبدو أن أحد الإعصارين حطم الأشجار التي كانت تتسلقها السحالي (التي تحب اعتلاء قمم الأشجار كما رأيتها في بنما) وألقتها في البحر. وبوصولها في النهاية إلى أنجويللا، زحفت السحالي بوسائلها غير المألوفة للانتقال إلى الشاطئ وبدأت حياة جديدة، تتغذى وتتناسل وتمرِّر الـDNA الخاص بها، في موطن جديد مميز بالجزيرة.

ونحن نعلم أن هذا حدث لأن سحالي الإجوانا رآها صيادو الأسماك المحليون وهي تصل إلى أنجويللا. وقبل عدة قرون، رغم عدم وجود أحد بالمكان ليشهد على ذلك، بالتأكيد غالبا ثمة شيء مماثل هو ما جلب أسلاف سحالي جواديلوب Guadeloupe في المقام الأول. وشيء مماثل لنفس القصة لابد أنه تقريبا هو المبرر لوجود سحالي الإجوانا على جزر جالاباجوس Galapagos، حيث الموضع الذي ستتحول فيه إلى الخطوة التالية في قصتنا.

لجزر جالاباجوس أهمية تاريخية لاحتمال أنها هي التي ألهمت شارلز داروين بالأفكار الأولى عن التطور عندما كان عضوًا في بعثة على HMS Beagle، قام بزيارتها عام 1835. وقد كانت مجموعة من الجزر البركانية في المحيط الهادي بالقرب من خط الاستواء، على مسافة 600 ميل غربي أمريكا الجنوبية. وكانت جميعها جزرا شابة (عمرها عدة ملايين من السنين فقط)، تكوّنت من البراكين التي ثارت من أعماق البحر. وهذا يعني أن كل أنواع الحيوانات والنباتات على الجزر لا بد أنها أتت من موضع آخر ـ يفترض أنه أراضي أمريكا الجنوبية ـ والحديث منها جاء وفق معايير التطور. وبمجرد وصولها، كان باستطاعة هذه الأنواع اتّخاذ مسارات العبور الأقصر من جزيرة لأخرى، التي تكفي غالبا للوصول إلى جميع الجزر (ربما مرة أو مرتين في القرن الواحد تقريبا) لكنها لا تكفي إلا في النادر لتكون قادرة على التطور بشكل منفصل ـ «إزاحة بعيدا drift apart» كما قلنا من قبل في هذا الفصل ـ أثناء الفواصل بين مرات العبور النادرة.

لا أحد يعلم توقيت وصول سحالي الإجوانا لأول مرة إلى جالاباجوس. ربما جاءت فوق طوافات من اليابسة شأن مثيلتها التي وصلت إلى أنجويللا عام 1995. وفي هذه الأيام فأقرب جزيرة لليابسة

هي سان كريستوبال San Cristobal (عرفها داروين بالاسم الإنجليزي Chatham)، لكن قبل ملايين السنين كانت توجد جزر أخرى أيضا، والتي غرقت الآن تحت البحر. واستطاعت سحالي الإجوانا الوصول في البداية إلى واحدة من تلك الجزر الغارقة حاليا، ومن ثم عبرت إلى جزر أخرى، بما فيها تلك التي لا تزال فوق سطح الماء حتى الآن.

وبوجودها هناك، سنحت أمامها الفرصة للتكاثر في مكان جديد، تمامًا كما حدث لتلك التي وصلت إلى أنجويللا في عام 1995. ولعلّ السحالي الأولى على جزر جالاباجوس قد تطورت لتصبح مختلفة عن أبناء عمومتها على اليابسة، جزئيًا لمجرد «الإزاحة» (مثل اللغات) ومن جانب آخر بسبب أن الانتقاء الطبيعي قد فضّل مهارات حياتية جديدة: فجزيرة بركانية قاحلة نسبيًا مكان يختلف كثيرا عن اليابسة في أمريكا الجنوبية.

على أن المسافات بين الجزر المختلفة أقل كثيرًا من المسافة بين أي واحدة منها واليابسة. لذلك فعمليات عبور البحر من حين لآخر بين الجزر كانت شائعة نسبيا: ربما مرة كل مائة عام وليس مرة في الألف عام. وقد تكون سحالي الإجوانا بدأت في الاكتمال في معظم، أو في كل، الجزر في النهاية. ومن المحتمل أن عمليات القفز على الجزر كانت نادرة بما لا يكفي للسماح ببعض حالات التطور بالإزاحة بعيدا على الجزر المختلفة، فيما بين «ملوّثات» الجينات من خلال عمليات القفز المتتالي على الجزر: ونادرة إلى حد يحول دون تطور مجموعات الإجوانا المختلفة إلى درجة كبيرة حتى إنها ما إن تتلاقى في النهاية مرة أخرى فسرعان ما يمكنها التناسل معا. والنتيجة أنه توجد حاليا ثلاثة أنواع متمايزة من الإجوانا الأرضية على جالاباجوس، التي بسرعان ما أصبحت قادرة على إنتاج هجين منها. وتوجد كونولوفس باليدس Conolophus pallidus فقط على جزيرة سانتا في -San

ta Fe. وتعيش كونولوفس سبكريستاتس Conolophus subcristatus على عدة جزر تشمل فبرناندينا، إيزابيلا وسانتا كروز (وكل جماعة في جزيرة من المحتمل أن تكون في طريقها لتصبح نوعا منفصلا). كما أن كونولوفس مارثا Conolophus marthae منحصرة في أقصى شمال سلسلة من خمسة براكين على جزيرة إيزابيلا الكبيرة.

وبالمناسبة، فقد أثار ذلك نقطة مهمة أخرى. أنت تذكر أننا قلنا إن أي بحيرة أو واحة يمكن اعتبارها جزيرة، حتى لو كانت لا تتكون من يابسة محاطة بالماء؟ تمام، الأمر نفسه يسري على كل بركان من البراكين الخمسة على إيزابيلا. فكل بركان من السلسلة محاط بمنطقة من النباتات الغنية، التي هي نوع من الواحات، منفصلة عن البركان التالي بصحراء. ومعظم جزر جالاباجوس بها بركان واحد كبير، لكن إيزابيلا بها خمسة براكين. وإذا ارتفع مستوى سطح البحر (ربما بسبب ازدياد حرارة الكون) قد تصبح إيزابيلا خمس جزر يفصلها البحر. وبوضعها هذا، يمكنك أن تفكر في كل بركان منها باعتباره جزيرة داخل جزيرة. تلك هي الكيفية التي قد يبدو عليها حيوان مثل الإجوانا الأرضية (أو سلحفاة برية عملاقة)، في حاجة للتغذية على النباتات الموجودة فقط على المنحدرات المحيطة بالبراكين.

وأي نوع من العزل الناجم عن حاجز جغرافي يمكن اجتيازه أحيانا، وليس كثيرا جدًّا، يؤدي إلى تفرع تطوري. (بالتأكيد، لا يلزم أن يكون حاجزا جغرافيًّا. توجد احتمالات أخرى، خاصة في الحشرات، لكن لغرض التبسيط لن أمضي في ذلك هنا) وبمجرد أن تنزاح الجماعات المنقسمة بعيدا عن بعضها بعضًا بما يكفي حتى تتمكن في النهاية من التناسل معا، لا توجد ثمة ضرورة للحاجز الجغرافي. إذ يستطيع النوعان خلق وسائلهما التطورية المنفصلة دون تلويث لـ دي إن إيه بعضهما بعضًا

مرة أخرى على الإطلاق. وبصورة أساسية فإن عمليات الفصل من هذا النوع هي المسئولة أصلا عن جميع الأنواع الجديدة التي نشأت على هذا الكوكب على إطلاقها: حتى، كما سوف نرى، الانفصال الأصلي لأسلاف الثعابين، مثلا، من أسلاف جميع الفقاريات بما فيها نحن.

عند نقطة معينة من تاريخ الإجوانا على جالاباجوس، حدث تفرُّع كان من المفترض أن يؤدي إلى نوع فريد خاص جدًّا. على واحدة من الجزر ـ لا نعرف أي واحدة منها ـ غيرت جماعة محلية من الإجوانا الأرضية تماما طريقتها في الحياة. فبدلا من التغذية على النباتات الأرضية على منحدرات البراكين، شقت طريقها إلى الشاطئ لتتغذى على الطحالب البحرية. ومن ثم فضّل الانتقاء الطبيعي تلك الفئة من الإجوانا التي أصبحت ماهرة في السباحة، وحتى اليوم تمارس ذريتها الغوص عادة لتتغذى على طحالب البحر تحت الماء. ويطلق عليها اسم الإجوانا البحرية، وبخلاف الإجوانا الأرضية، لا توجد في مكان آخر إلا في جالاباجوس.

وهي تمتلك عددا من الخصائص الغريبة التي تلائم حياتها في البحر وهذا يجعلها مختلفة حقا عن الإجوانا الأرضية في جالاباجوس وأي نوع آخر في العالم. وهي بالتأكيد قد تطورت من الإجوانا الأرضية، لكنها ليست بشكل خاص ضمن أبناء عمومة قريبة من الإجوانا الأرضية الحالية في جالاباجوس، وبالتالي فمن المحتمل أنها تطورت من جنس مبكر، جنس متميز حاليا، استعمر الجزر من اليابسة قبل فترة طويلة من كونولوفس Conolophus الحالية. وثمة أجناس مختلفة من الإجوانا البحرية، لكنها ليست أنواعا مختلفة، على الجزر المختلفة. وذات يوم من المحتمل لهذه الأجناس المختلفة ـ قاطنة الجزر ـ أن نجد أنها انفصلت بما يكفي لنطلق عليها نوعا مختلفا من جنس الإجوانا البحرية.

وتتشابه القصة نفسها مع السلاحف العملاقة، مع سحالي اللافا،

مع طيور الغاق الغريبة التي لا تطير، مع طيور المحاكاة(*)، مع طيور الشرشور، ومع حيوانات ونباتات أخرى كثيرة في جالاباجوس. والأمر نفسه من هذه النوعية يحدث في أنحاء العالم. إذ إن جالاباجوس هي مجرد مثال واضح بشكل خاص. وتصنع الجزر (بما فيها البحيرات، الواحات والجبال) أنواعا جديدة. وقد تكون لنهر من الأنهار نفس القدرة. وربما يتعذر على حيوان عبور نهر، وتستطيع جينات الجماعات على جانبي النهر الانفصال، مثلما تتمكن لغة واحدة من الانشقاق لتشكل لهجتين. ولعل سلاسل الجبال تلعب الدور نفسه في عملية الفصل. كما تستطيع عمل ذلك مجرد مسافة مفتوحة. وربما تكون الفئران في إسبانيا على اتصال بسلسلة من الفئران التي تتوالد فيما بينها عبر القارة الآسيوية حتى الصين. لكن يلزم وقت طويل للجين لينتقل من فأر إلى آخر على مدى تلك المسافة بالغة الطول لأنها قد تكون أيضا في جزر منفصلة. كما أن تطور الفأر في إسبانيا والصين فد يتفرع في اتجاهات مختلفة.

وقد احتاجت الأنواع الثلاثة للإجوانا الأرضية في جالاباجوس إلى بعض آلاف السنين للانفصال أثناء تطورها. وبعد مرور مئات الملايين من السنين تستطيع ذريات نوع واحد لسلف معين أن تصل إلى درجة بالغة من الاختلاف، مثلا، كاختلاف الصرصور عن التمساح. في الواقع وكحقيقة مؤكدة نجد بعد فترة زمنية أن هناك عددًا كبيرًا إلى أقصى حد من الآباء الكبار للصراصير (ومقادير كبيرة من الحيوانات الأخرى من بينها الثعابين والسرطانات) التي كانت أيضا السلف الأكبر للتماسيح (دون ذكر جميع الفقاريات الأخرى). لكن قد يتعين عليك العودة للوراء في طريق بالغ الطول، قد يكون أكثر من بليون سنة، قبل وجود سلف أكبر بهذه الدرجة

(*) طيور مغردة ذات لون أبيض ورمادي تعيش جنوب شرق الولايات المتحدة الأمريكية، وتمتاز ببراعة في محاكاة أصوات الطيور الأخرى ـ المترجم.

من الكبر والقِدم كهذا السلف. وذلك زمن سحيق للغاية بالنسبة لنا يتعذر معه أن نبدأ في التخمين عن ذلك الحاجز الأصلي الذي فصل بينها في المقام الأول. وأيًا ما كان، فلا بد أنه كان في البحر، نظرا لأنه في تلك الأيام الغابرة لم تكن هناك حيوانات تعيش على اليابسة. أكان بمقدور هذا النوع من السلف الأعلى العيش فحسب على الشعاب المرجانية، ووجدت جماعتان نفسيهما على زوج من الشعاب المرجانية يفصل بينها ماء عميق غير مأهول؟

كما رأينا في الفصل السابق، يتعين عليك أن تعود بالزمن ستة ملايين عام فقط لتجد الجد الأعلى الأكثر حداثة الذي يتشارك فيه جميع البشر والشمبانزي. وتتيح لنا حداثة هذا التوقيت أن نخمن الحاجز الجغرافي المحتمل الذي ربما كان سببا في عملية الفصل الأصلية. ومن المقترح لهذا وادي الصدع الكبير Great Rift Vally في إفريقيا، حيث حدث تطور الإنسان على الجانب الشرقي والشمبانزي على الجانب الغربي. فيما بعد، تفرع خط أسلاف الشمبانزي chimp إلى نوع الشمبانزي الشائع وشمبانزي بجمي pygmy أو البابونات: ومن المقترح أن الحاجز في هذه الحالة كان نهر الكونغو. وكما رأينا في الفصل السابق، فإن الجد الأعلى المشترك لجميع الثدييات الحية كان يوجد منذ 185 مليون سنة. ومنذ ذلك الحين، تفرّعت ذرياته وتفرّعت ثم تفرعت من جديد، لتتمخض عن جميع هذه الآلاف من الأنواع للثدييات التي نراها اليوم، لتضم 231 نوعا من اللواحم (الكلاب، السنوريات، ابن عرس، الدببة.... إلخ). و2000 نوع من الحيوانات القارضة، و88 نوعًا من الحيتان والدلافين، و196 نوعًا من الحيوانات مشقوقة المخالب (الأبقار، الظباء، الخنازير، الوعول، والأغنام)، و16 نوعًا.في عائلة الحصان (الخيول، الزبرا، التابير، ووحيد القرن)، و87 أرنبًا بريًا وغير بري، و977 نوعًا من الخفافيش، و68 نوعًا من

الكنغر، و18 نوعًا من القردة (تشمل الإنسان)، والكثير والكثير من الأنواع التي انقرضت على طول المسار (تشمل عددًا قليّلا من البشر المنقرضين، المعروفين فقط من الحفريات).

الخلط، الانتقاء والبقاء

أريد استكمال هذا الفصل بسرد القصة مرة أخرى بلغة مختلفة قليلا. لقد ذكرت باختصار حتى الآن انسياب الجين؛ كما يتحدث العلماء عن شيء يسمى مستودع (خزّان أو بركة) الجين gene pool، والآن أريد أن أتكلم أكثر عما يعنيه هذا. بطبيعة الحال، لا يمكن واقعيًّا وجود مستودع للجينات. فكلمة «مستودع ـ بركة ـ pool» تفترض وجود سائل، قد تتحرك فيه الجينات وتختلط. لكن الجينات لا توجد إلا في خلايا الأجسام الحية. لذلك ماذا يعني الحديث عن مستودع الجينات؟

في كل جيل، يُنظر إلى التوالد الجنسي على أن الجينات قد اختلطت. فأنت مولود بخليط من جينات أبيك وأمك، بما يعني اختلاط جينات جدودك الأربعة. والأمر نفسه ينطبق على كل فرد من الناس وذلك على مدى زمن بالغ الطول حتى وقت التطور: آلاف السنين، عشرات الآلاف، مئات الآلاف من الأعوام. وخلال تلك الفترة، تنظر هذه العملية من الخلط الجنسي إلى أن الجينات داخل الناس جميعهم مختلطة بدقة بالغة، تتحرك وتتمازج في الواقع، بما يجعل الأمر معقولا إذا تحدثنا عن (بركة) دوامية هائلة من الجينات: «مستودع جيني».

أنت تتذكر تعريفنا للنوع باعتباره جماعة من الحيوانات أو النباتات تستطيع أن تتكاثر مع بعضها بعضًا؟ والآن تستطيع أن ترى سبب أن هذا التعريف ذو قيمة. فإذا كان حيوانان عضويْن من نفس النوع في نفس الجماعة، لكان ذلك يعني أن جيناتهما تختلط وتمتزج في نفس

المستودع الجيني. أما الحيوانان المنتميان إلى نوعين مختلفين فلا يمكن لهما الاشتراك في نفس المستودع الجيني لأن الـDNA الخاص بهما لا يمكن له أن يمتزج في تكاثر جنسي، حتى لو كانا يعيشان في نفس المنطقة ويلتقيان من وقت لآخر. أما لو أن جماعات من نفس النوع كانت منفصلة جغرافيًّا، تتاح الفرصة أمام مستودعاتهم الجينية للتفرع ـ طالما كانوا متباعدين، في نهاية المطاف، لو حدث والتقوا مرة أخرى لأصبح في مقدورهم التناسل معا. وإذا تعذر على مستودعاتهم الجينية الامتزاج هنا يصبحون أنواعًا مختلفة ويمكن لهم المضي لأبعد من ذلك في الانفصال لملايين السنين، إلى الحد الذي قد تكون درجة الاختلاف عن بعضهم بعضًا مماثلة لاختلاف الإنسان عن الصراصير.

يعني التطور تغييرا في المستودع الجيني. والتغيير في المستودع الجيني معناه أن بعض الجينات صارت أكثر عددا، وبعضها أقل عددا. والجينات التي اعتادت على الشيوع صارت نادرة، أو اختفت تماما. بينما الجينات النادرة قد أصبحت شائعة. والنتيجة حدوث تغيير في الشكل، أو الحجم، أو اللون، أو السلوك للأفراد النمطيين لهذا النوع: يحدث تطور، بسبب تغير أعداد الجينات في المستودع الجيني. ذلك هو معنى التطور.

لماذا يتعين على أعداد الجينات المختلفة أن تتغير مع تتالي الأجيال؟ حسنٌ، قد تقول سيكون الوضع مثيرا للدهشة لو لم تتغير، على مدى هذا الزمن الهائل. لنفكر في الطريقة التي تتغير بها اللغات على مدى القرون.

لماذا يتعين أن تتغيرأعداد الجينات المختلفة مع استمرار تغير الأجيال؟ حسنٌ، قد تقول إن ذلك أمر مدهش إذا لم تفعل، بالوضع في

الاعتبار هذا الزمن الهائل. لنفكر في الطريقة التي تتغير بها اللغة على مدى قرون. فكلمات مثل thee، وavast، thou، وعبارات مثل stap me-vitals قد سقطت بشكل أو بآخر من الإنجليزية. على الجانب الآخر، فإن التعبير: (I was like) يعني: أنا قلت، والذي هو تعبير غامض في الوضع الحديث عما كان منذ 20 عاما، بينما أصبح الآن عاديًا، مثله في ذلك مثل كلمة cool كتعبير عن الموافقة.

حتى الآن في هذا الفصل، لست بحاجة للمضي أكثر من هذا في فكرة أن مستودعات الجين في الجماعات المنفصلة يمكنها الانعزال، شأنها شأن اللغات. لكن من الناحية الفعلية، في حالة الأنواع، هناك ما هو أكثر بكثير من الانعزال. وهذا الـ «أكثر بكثير» هو الانتقاء الطبيعي، العملية الأكثر أهمية في اكتشافات شارلز داروين. وحتى من دون الانتقاء الطبيعي، لكان علينا أن نتوقع حدوث الانعزال للمستودعات الجينية المنفصلة. لكنها قد تنعزل بطريقة غير هادفة على نحو ما. فالانتقاء الطبيعي يدفع التطور إلى اتجاه معين: مثلا، اتجاه البقاء على قيد الحياة. فالجينات التي تبقى حية في مستودع جيني هي التي تتميز بالجودة أثناء الحياة. وما الذي يجعل جينًا ما جيدا في حياته؟ إنه يساعد الجينات الأخرى على بناء أجسام تكون جيدة بما يكفي للحياة والتكاثر، أجسام تحيا بما يكفي لتمرير الجينات التي ساعدتهم في البقاء أحياء.

على وجه التحديد كيف يحدث التغيير من نوع إلى نوع آخر. تبقى الجينات حية في أجسام الطيور أو الخفافيش بالمساعدة في بناء الأجنحة. تبقى الجينات حية في أجسام حيوان الخلد بالمساعدة في بناء بنيتها القوية، ويديها اللتين تشبهان الجاروف. وتبقى الجينات حية في أجسام الأسود بالمساعدة في بناء سيقان سريعة الجري، ومخالب وأسنان حادة. تبقى الجينات حية في أجسام الظباء بالمساعدة في

بناء سيقان سريعة الجري، وسمع وبصر حادين. وتبقى الجينات حية في أجسام حشرات أوراق النباتات عندما تكسب الحشرات ألوانًا لا تميزها عن أوراق الشجر. ومع اختلاف التفاصيل، في جميع الأنواع يكون اسم اللعبة هو بقاء الجين حيا في مستودع الجينات. في المرة المقبلة ترى حيوانا ـ أي حيوان ـ أو أي نبات، انظر إليه وقل لنفسك إن ما أنظر إليه هو ماكينة متقنة الصنع لتمرير الجينات التي صنعتها. إنني أنظر إلى ماكينة جينات باقية على قيد الحياة.

في المرة التالية التي تنظر فيها إلى المرآة، عليك أن تفكر: ذلك هو أنت أيضا.

الفصل الرابع
ممّ تتكوّن الأشياء؟



في العصر الفيكتوري، كان من بين الكتب المحبَّبة للأطفال كتاب إدوارد لير Edward Lear المعنوَن Nonsense. بالإضافة إلى قصائد عن البومة والقطة ـ التي ربما تعرفها أنت لأنها لا تزال شائعة ـ وكذلك الـ Jumblies والـ Pobble الذي ليس له أصابع، وأنا أحب الوصفات الواردة في آخر الكتاب. وتلك الخاصة بـ Crumboblious Cutlets تبدأ على النحو التالي: «هات بعض قطع اللحم، وقم بتقطيعها إلى أصغر شرائح ممكنة، واستمر في تقطيعها لأصغر من ذلك، ثماني أو ربما تسع مرات».

ما الذي ستحصل عليه عندما تواصل تقطيع الشريحة إلى قطع أصغر فأصغر؟

افترض أنك أخذت قطعةً من شيء ما وقسّمتها إلى نصفين ـ باستخدام شفرة موسي حادة ورفيعة- لأقصى درجة يمكن أن تصل إليها.

ومن ثمَّ تقطع ذلك النصف إلى نصفين، ثم تقسِّم النصف إلى نصفين، وهكذا، مرة بعد أخرى.

هل تصل هذه الأجزاء في نهاية الأمر إلى حدّ من الصغر لا يمكن معه أن تصل إلى جزء أصغر منه؟ ما مدى رقَّة حافة شفرة الموسي؟ إلى أي درجة من الحدَّة يكون عليها الطرف الحاد لإبرة؟ ما أصغر جزء تُصنع منه الأشياء؟

يتضح أن الحضارات القديمة في اليونان، الصين، والهند جميعها قد توصَّلت لنفس الفكرة بأن أي شيء يتكوَّن من أربعة «عناصر»: الهواء، الماء، النار والتراب. لكن أحد اليونانيين القدماء، وهو سقراط، اقترب لحدٍّ ما من الحقيقة. فكَّر سقراط، في أنك إذا قطَّعت شيئا إلى قطعٍ صغيرة كافية أم مرئية، ستصل في النهاية إلى جزء يبلغ حدًّا من الصغر يتعذر معه المزيد من تقطيعه. وكلمة تقطيع باليونانية هي tomos ووضع الحرف a أمام كلمة يونانية يؤدي إلى نفيها. لذلك فإن كلمة a-tomic تعني شيئا صغيرا للغاية لا يمكن تصغيره أكثر من ذلك، ومن هنا جاءت كلمة ذرَّة atom. فـ ذرة من الذهب هي أصغر جزء ممكن من الذهب. وإن أمكن تقطيعها إلى جزء أصغر، ستفقد خواصها كذهب. وذرة من الحديد هي أصغر جزء ممكن من الحديد، وهكذا.

نحن نعرف حاليًا أن هناك نحو 100 نوع مختلف من الذرَّات، منها فقط 90 نوعا تقريبا يوجد في الطبيعة. أما الأنواع الأخرى فقد خلّقها العلماء في المعمل، لكن بكميات ضئيلة.

على أن المواد النقيَّة التي تتكوّن من نوع واحد من الذرات فتسمَّى العناصر (نفس الكلمة التي سبق استخدامها في التراب، الهواء، النار والماء، لكن بمعنى مختلف تماما) ـ ومن أمثلة العناصر: الهيدروجين، الأكسيجين، الحديد، الكلور، النحاس، الصوديوم، الذهب، الكربون، الزئبق والنيتروجين. وبعض العناصر، مثل الموليبدنيوم تتميز بالندرة على كوكب الأرض ـ لعلّ هذا سبب أنك لم تسمع عنه من قبل ـ لكنه شائع الوجود في مواضع أخرى بالكون (إذا اعترتك الدهشة من كيفية علمنا بهذا، انتظر حتى الفصل الثامن).

والمعادن من شاكلة الحديد، الرصاص، النحاس، الزنك، القصدير والزئبق كلُّها من العناصر. وكذلك الغازات مثل الأكسيجين، الهيدروجين،

النيتروجين والنيون. لكن معظم المواد التي نراها من حولنا ليست عناصر بل مركّبات. والمركّب هو ما تحصل عليه عندما تنضم ذرتان مختلفتان أو أكثر مع بعضهما بطريقة معينة. ومن المحتمل أنك سمعت أن الماء يقال عنه H_2O. وهذه هي الصيغة الكيميائية له، ومعناها أنه مركّب من ذرة أكسيجين واحدة وذرتين من الهيدروجين. وأي مجموعة من الذرات تنضم معا لتكوين مركب تسمى «جزيء». وبعض الجزيئات بسيط للغاية: فجزيء الماء، مثلا، به فقط ثلاث ذرات. وثمة جزيئات أخرى، خاصة تلك الموجودة في الأجسام الحيّة، بها مئات الذرات، جميعها منضمة معا بنسق خاص جدًّا. في واقع الأمر؛ فإن الطريقة التي تنضم بها لبعضها بعضًا، فضلا عن نوع وعدد الذرات، هي التي تجعل من جزيء معين مركّبا بالتحديد وليس غيره.

كما يمكنك أن تستخدم كلمة «جزيء» لتصف ما تحصل عليه عندما تنضم ذرتان أو أكثر من نفس النوع لبعضها بعضًا. مثلا جزيء الأكسيجين، الغاز الذي نستخدمه في الاستنشاق، يتكون من ذرتي أكسيجين ملتحمتين معا. وأحيانا تنضم ثلاث ذرات من الأكسيجين معا لتُشكّل نوعا آخر من الجزيئات ويُسمى هنا الأوزون. وعدد الذرات في الجزيء يصنع في الواقع شيئا مختلفا، حتى لو كانت الذرات جميعها واحدة.

غير أن الأوزون ضار للتنفس، لكننا نستفيد بطبقة منه في الغلاف الجوي العلوي للكرة الأرضية، التي تحمينا من أشعة الشمس الأكثر دمارا. ومن أحد أسباب حذر الأستراليين خاصة من حمامات الشمس وجود ثقب بطبقة الأوزون في أقصى الجنوب.

البلُّورات، الذرات في موكب استعراضي

بلُّورة الألماس عبارة عن جزيء ضخم، ليس لها حجم ثابت، تتكوّن

من ملايين الذرات من عنصر الكربون الملتحمة معًا، كلّها مصطفة بطريقة خاصة جدًّا. وبينها فراغات منتظمة للغاية داخل البلّورة، ويمكنك أن تفكر فيها على أنها تشبه الجنود في موكب عسكري، فيما عدا أنها تصطف في ثلاثة أبعاد، مثل سرب للأسماك. لكن عدد «الأسماك» في السرب ـ عدد ذرات الكربون حتى في أصغر بلّورة ألماس ـ عدد مهول، أكبر من كلِّ الأسماك ـ مضافا إليها جميع الناس ـ في العالم. وتعبير «ملتحمة معا» أسلوب مضلّل إذا وصفتها به إذا أدّى بك إلى التفكير في أن الذرات مجموعات صلبة من الكربون قريبة من بعضها بلا فراغات بينها. في الواقع؛ تتكون معظم المواد الصلبة من فراغ خالٍ، وسيقتضي ذلك بعض التفسير كما سنرى.

تنبني البلُّورات بنفس طريقة «الجنود في استعراض عسكري»، حيث تنتظم الذرات في مواضع وفق نموذج محدد يعطي للبلّورة بكاملها الشكل الذي تكون عليه. في الواقع؛ ذلك هو ما نقصده بالبلّورة. يستطيع بعض الجنود «الاصطفاف في موكب» بأكثر من طريقة، بما يسفر عن بلّورات بالغة الاختلاف. وإذا اصطفت ذرات الكربون بنسق معين، لصنعت بلّورات الماس الصلبة الشهيرة. لكن إذا تبنت تشكيلا آخر لتمخّضت عن بلّورات الجرافيت، بالغة الليونة والتي تستخدم في تزييت المعدات.

نحن نفكر في البلّورات على أنها أشياء شفافة جميلة، حتى إننا نصف الأشياء الأخرى مثل الماء النقي بأنه «صافٍ كالبلور». لكن البلّورات- في الواقع ـ هي مصدر تصنيع معظم المواد الصلبة، ومعظم تلك المواد غير شفافة. فكتلة الحديد تتكون من قدر هائل من البلّورات الدقيقة الملتحمة معا، تتركب كل بلّورة منها من ملايين من ذرات الحديد، مرصوصة في «موكب» شأن ذرات الكربون في بلّورة ألماس. كذلك الرصاص، الألومنيوم، الذهب، النحاس، وأيضا الصخور، مثل الجرانيت أو الحجر

الرملي ـ جميعها تُشكّل من بلّورات من ذراتها المختلفة ـ لكنها غالبا ما تكون أخلاطا من كميات لأنواع مختلفة من البلّورات الدقيقة الملتحمة معا.

والرمال مواد متبلِّرة أيضا. في واقع الأمر، الكثير من حبات الرمال هي مجرد قطع صغيرة من الصخر، استوت في مكانها بفعل الماء والرياح. وينطبق الأمر نفسه على الطين، بإضافة الماء أو سوائل أخرى. وفي الغالب، تلتحم حبيبات الرمل وحبيبات الطين معا لتكوِّن صخورا جديدة تسمى الصخور «الرسوبية» لأنها رسوبيات مقسَّاة من الرمل والطين. («مادة رسوبية» هي قطع من كتل صلبة استقرت في قاع سائل، مثلا، في نهر أو بحر). والرمال في الحجر الرملي تتكوّن غالبا من الكوارتز والفلسبار، وهما بلورتان شائعتان في القشرة الأرضية. أما الحجر الجيري فوضعه مختلف، وهو مثل الطباشير يتكون من كربونات الكالسيوم، ويأتي من الهياكل العظمية الكلسية المدفونة في الأرض والأصداف البحرية، بما فيها أصداف الكائنات الدقيقة وحيدة الخلية التي تسمى forams. وإذا رأيت شاطئا شديد البياض، لكانت رماله في الأغلب الأعم كربونات كالسيوم من نفس مصدر الأصداف.

أحيانا ما تكون البلّورات مصنوعة بكاملها من نفس نوع الذرات «المصطفة في الموكب» ـ جميعها ـ من نفس العنصر. ومن أمثلة ذلك الألماس، الذهب، النحاس، والحديد. لكن ثمة أنواعا أخرى للبلّورات تتكون من نوعين مختلفين للذرات، مرة أخرى في موكب صارم الترتيب: بالتبادل، كمثال. فالملح (الملح العادي، ملح المائدة) ليس عنصرا واحدا لكنه مركّب من عنصرين: الصوديوم والكلور. وفي بلّورة الملح، تصطف ذرات الصوديوم والكلور معا بالتبادل. في الواقع؛ في هذه الحالة لا يطلق على كلٍّ منهما اسم «ذرة» بل «أيون»، لكنني لن أستمر في بيان سبب ذلك.

وكل أيون صوديوم تحيط به ستة من أيونات الكلور، في أوضاع متعامدة إحداها على الأخرى: من الأمام، الخلف، اليسار، اليمين، لأعلى، وأسفل. وكل أيون كلور محاط بأيونات الصوديوم، بنفس الطريقة تماما. وهذا الترتيب بأكمله يتكون من مربعات، وهذا هو السبب في أن بلّورات الملح، إذا نظرت إليها بدقة باستخدام عدسات قوية، تتخذ شكل المكعب ـ مربع ثلاثي الأبعاد ـ أو على الأقل بأحرف مربعة. وتوجد بلّورات أخرى عديدة مكوّنة من أكثر من نوع من الذرات «مصطَفّة في المركّب»، والكثير منها في الصخور، والرمال والتربة.

الصلب.. السائل.. الغاز، طريقة حركة الجزيئات

البلّورات مواد صلبة، لكن ليس كل شيء صلبًا. فلدينا أيضا السوائل والغازات. في أي غاز، لا تلتصق الجزيئات معا كما يحدث في البلّورة، لكنها تتحرك بحرية فيما بين الفراغات المتاحة لها، متنقلة في خطوط مستقيمة مثل كرات البلياردو (لكن في ثلاثة أبعاد، وليس بعدين كما يحدث على طاولة مستوية). وهي تتحرك حتى تصطدم بشيء ما وليكن جزيئا آخر أو جدران الإناء الذي يحتويها، وفي هذه الحالة ترتد عائدة، مرة أخرى مثل كرات البلياردو. ويمكن للغازات أن تنضغط، لتبين أن ثمة فراغات كبيرة بين الجزيئات والذرات. وعندما تضغط غازا، يتضح مدى «مرونته». وإذا وضعت إصبعك على طرف آلة نفخ الدراجات وتحسّست مدى المرونة وأنت تدفع الهواء بها، إذا ثبّت الإصبع على الفتحة، ثم قمت بضخ الهواء لاندفع الإصبع للخلف. وهذه المرونة التي شعرت بها تسمى «الضغط». والضغط هو تأثير كل ملايين جزيئات الهواء (خليط من النيتروجين والأكسيجين وقليل من الغازات الأخرى) الموجودة في المضخة التي تقاوم عملية الدفع (وكل شيء آخر، لكن ذراع الضخ

هي الجزء الوحيد التي تتحرك كرد فعل). ومع زيادة الضغط يزداد معدل التدافع. ويحدث هذا إذا ما تمّ حصر نفس العدد من جزيئات الغاز في حجم أصغر (مثلا، عندما تدفع ذراع مضخّة عجلة). أو يحدث عندما ترفع درجة الحرارة، بما يؤدي لزيادة تسارع جزيئات الغاز.

ويتشابه السائل مع الغاز في أن جزيئاته تتحرك من موضع إلى آخر أو «تتدفق» (وذلك سبب تسميتهما بـ«الموائع»، بينما المواد الصلبة تختلف عنهما). غير أن جزيئات السوائل قريبة من بعضها بعضًا مقارنة بجزيئات الغازات. وإذا وضعت غازا في إناء مغلق بإحكام، لَمَلأ كل زاوية وثقب في الإناء من القمة إلى القاع. وسرعان ما يتمدد حجم الغاز ليشغل حيز الإناء بأكمله. كما أن السائل يملأ كل فراغ يشغله في الإناء، لكنه يرتفع إلى مستوى معين. فلو كان لدينا قدر معين من السائل، وعلى خلاف نفس القدر من الغاز، نجد أنه يحتفظ بحجم ثابت لا يتغير، وتشدُّه الجاذبية لأسفل، لذلك يملأ الفراغ الذي يحتاج إليه من الإناء، من القاع إلى أعلى. وسبب ذلك أن جزيئات السائل تستمر في تقاربها معا. لكنها، بخلاف المواد الصلبة، تستطيع الانزلاق فوق بعضها بعضًا، وهذا سبب سلوك السوائل باعتبارها موائع.

وأي مادة صلبة لا تبدي أي محاولة لملء الإناء، إنها تحافظ فقط على شكلها. وذلك لأن جزيئات المواد الصلبة لا تنزلق حول بعضها بعضًا مثل جزيئات السوائل، بل تبقى (تقريبا) في نفس مواضعها بالنسبة لجاراتها. تعبير «تقريبا» لأن الجزيئات حتى في المواد الصلبة تقوم بنوع من الاهتزاز الموضعي (يزداد مع ارتفاع درجة الحرارة). وهي لا تتحرك بدرجة كافية من موضعها في «موكب» البلّورة بما يؤثر على شكلها.

أحيانا ما يكون السائل «لزجا»، مثل الدبس(*). وينساب السائل اللزج، لكن ببطء شديد حتى إنه ـ رغم أن السائل عالي اللزوجة يملأ قاع الإناء في نهاية المطاف ـ يقضي زمنا طويلا في ذلك. وبعض السوائل شديدة اللزوجة (تنساب ببطء شديد) حتى إنها تسلك كما لو كانت مادة صلبة. وهذا النوع من المواد، رغم هذا، لا يتكوَّن من بلُّورات.

الصلب والسائل والغاز هي الأسماء التي نطلقها على «الأطوار» الثلاثة الشائعة للمادة. وكثير من المواد لديها القدرة على اتّخاذ الأطوار الثلاثة، عند درجات حرارة مختلفة. فعلى كوكب الأرض، يصنّف الميثان ضمن الغازات (غالبا ما يسمى غاز «المستنقعات»، لأنه يخرج في صورة فقاعات من المستنقعات، وأحيانا ما يشتعل ونراه مضيئا مثل شبح غامض «وهج مستنقعي»). لكن على كوكب زحل، هائل الحجم، شديد البرودة نجد بحيرات من الميثان السائل على القمر تيتان التابع لزحل. وإذا انخفضت الحرارة أكثر من هذا على أي كوكب، فقد تتكوَّن به «صخور» من الميثان المتجمِّد. ونحن نفكر في الزئبق على أنه من السوائل، لكن ذلك يعني فقط أنه سائل في درجات الحرارة العادية على كوكب الأرض. فالزئبق فلزّ صلب إذا وُضع في الخارج في شتاء القطب الشمالي. ويكون الحديد من السوائل إذا سخَّنَّاه إلى درجة حرارة عالية بما يكفي. وفي حقيقة الأمر، يوجد حول المركز العميق للكرة الأرضية بحر من سائل الحديد مختلط بالنيكل السائل. وفي حدود معلوماتي، ربما توجد كواكب بالغة السخونة بها محيطات من الحديد السائل على سطحها، وربما تعوم فيها مخلوقات غريبة، رغم أنني أتشكك في هذا. ومن خلال المعايير التي لدينا، فإن نقطة تجمُّد الحديد أكثر سخونة، رغم أننا على سطح الأرض نواجهها عادة على أنها «حديد ـ بارد ـ حديد» (في جوجل. مقطع للشاعر

(*) عسل السكر.

روديارد كبلنج)، ونقطة تجمد الزئبق أكثر برودةً، لذلك نواجهها عادة على أنها «زئبقية». «على الحد الآخر من مقياس الحرارة، يصبح كل من الحديد والزئبق من الغازات بتسخينهما لدرجة حرارة مناسبة».

داخل الذرة

عندما كنا نتخيل تقسيمنا للمادة إلى أصغر جزء ممكن في بداية هذا الفصل، توقفنا عند الذرة. فذرة الرصاص هي أصغر ما يستحق أن نسميه الرصاص. لكن أليس بمقدورنا فعلًا تقسيم الذرة أكثر من ذلك؟ كلّا، لأنها لن تكون مماثلة لأي جزء ضئيل من الرصاص. ولن تكون مماثلة لأي شيء آخر. ذلك لأن الذرة على درجة بالغة من الصغر تتعذر معه رؤيتها حتى باستخدام ميكروسكوب قوي. وفي الواقع، نستطيع تقسيم الذرة إلى أجزاء أصغر ـ لكن ما سنحصل عليه في تلك الحالة لن يكون هو العنصر ذاته، لأسباب سنعرفها حالًا. الأكثر من ذلك، أن هذا إجراء بالغ الصعوبة، وتنطلق من خلاله كمية من الطاقة منذرة بالخطر. وذلك هو السبب، لدى بعض الناس، أن تعبير «تقسيم الذرة» ينطوي على نذير بالشر. وقد جرى تقسيم الذرة للمرة الأولى على يد العالم النيوزيلندي إرنست رذرفورد Ernest Rutherford عام 1919.

على الرغم من أننا لا نستطيع رؤية الذرة، وعلى الرغم من أننا لا نستطيع تقسيمها دون تحويلها لشيء آخر، فذلك لا يعني أننا لا نستطيع اكتشاف ماهية ما بداخلها. وكما أوضحت في الفصل الأول، أنه عندما لا يستطيع العلماء رؤية شيء ما مباشرة، فإنهم يفترضون نموذجا عمًا ينبغي أن يكون عليه، ومن ثم يختبرون النموذج. فالنموذج العلمي هو وسيلة للتفكير حول الكيفية التي ينبغي أن تكون عليها الأشياء. ويمكن للنموذج العلمي أن يبدو مماثلا لخيال محلّق، لكنه ليس مجرد خيال وفقط. ولا

يتوقف العلماء عند حد افتراض النموذج، بل يواصلون حينئذ العمل على اختباره. ويقولون: «إذا كان هذا النموذج الذي نتخيله صحيحًا، فمن المتوقع أن نرى (كيت وكيت) في العالم الواقعي». فهم يتنبأون بما ستجده إذا أجريتَ تجربة معينة وقمتَ بحسابات محددة. والنموذج الناجح هو الذي تتطابق نتائجه مع التنبؤات، بشكل خاص إذا استمروا في اختبار التجربة. وإذا جاءت التنبؤات صحيحة، فنأمُل أن يعني ذلك احتمال أن يكون النموذج ممثلا للحقيقة، أو على الأقل، لجزء من الحقيقة.

أحيانا لا تأتي التنبؤات صحيحة، وبالتالي يعود العلماء لتعديل النموذج، أو يفكرون في نموذج آخر جديد، ومن ثم يواصلون اختباره. الطريقة الأخرى، هي عملية أخرى من افتراض النموذج ثم اختباره ـ وهو ما نسميه «المنهج العلمي» ـ وهي التي تمتلك فرصًا أكثر بكثير في الوصول إلى مبتغاها في تحديد ماهية الأشياء مقارنة بمعظم الأساطير الخيالية والجميلة المخترَعة في تفسير ما لم يفهمه الناس، وغالبا لأنهم في ذلك الحين لم يتمكنوا من فهمه.

أحد النماذج الأولى للذرة هو المسمى كعكة الزبيب currant bun الذي افترضه في نهاية القرن التاسع عشر الفيزيائي الإنجليزي الكبير جي. جي. طومسون J. J. Thomson. ولا أنتوي تقديم وصف له نظرا لأن نموذج رذرفورد الأكثر نجاحا قد حلّ محلّه، إرنست رذرفورد هو نفسه الذي قام بتقسيم الذرة، وقد جاء في الأصل من نيوزيلنده إلى إنجلترا ليصبح طالبًا لدى طومسون الذي سبقه إلى منصب بروفيسير الفيزياء في كامبردج. ونموذج رذرفورد ـ الذي طوَّره فيما بعد طالب لدى رذرفورد هو نيلز بوهر Niels Bohr الفيزيائي الدانمركي الشهير ـ يعالج الذرة باعتبارها نظامًا شمسيًّا ضئيلًا منمنمًا. ففي قلب الذرة هناك النواة، والتي تحتوي على الجزء الأكبر من مادتها. كما توجد جسيْمات دقيقة

تسمى الإلكترونات تنطلق بسرعة فائقة حول النواة في «مدار» (رغم أن تعبير «مدار» قد يكون خادعًا إذا فكرت فيه على أنه يشبه كوكبًا يدور حول الشمس، لأن الإلكترون ليس شيئا صغيرًا مستديرًا يوجد في مكان محدد).

ومن الأمور المدهشة في نموذج رذرفورد/ بوهر، الذي من الممكن أن يعكس حقيقة واقعية، أن المسافة بين كل نواة والتالية لها كبيرة جدًّا مقارنة بحجم النواتات، حتى في كتلة متماسكة من مادة صلبة مثل الألماس. فالفراغات هائلة بين النواتات. وهذه هي النقطة التي وعدتُ بالعودة إليها.

تذكر أنني قلت إن بلّورة من الألماس هي جزيء هائل الحجم مكوَّن من ذرات الكربون مثل جنود في عرض عسكري، لكنه موكب ثلاثي الأبعاد؟ حسنٌ، نستطيع الآن تحسين «نموذجنا» عن بلّورة الألماس بإعطائه مقياسًا؛ أي إحساسًا بكيفية ارتباط الحجوم والمسافات ببعضها بعضًا. لنفترض أننا نمثل نواة كل ذرة كربون في البلّورة ليس بجندي بل بكرة قدم، لديها إلكترونات في مدار حولها. وعلى هذا المقياس، ستكون الكرات المتجاورة في الألماس على أبعاد تزيد على 15 كيلومترًا إحداها عن الأخرى.

وفي مسافة الـ 15 كيلومترًا بين الكرات توجد الإلكترونات في مدار محيط بالنواتات. لكن كل إلكترون، وفق مقياس «كرة القدم» الذي افترضناه، سيكون أصغر جدًّا من بعوضة ضئيلة الحجم، وهذا البعوض البالغ الضآلة يكون على أبعاد تقدَّر بالكيلومترات من الكرات التي تطير حولها. وبالتالي تستطيع أن ترى ـ ويا للغرابة ـ أنه حتى الألماس الصلب الأسطوري هو فضاء فارغ تقريبا بالكامل.

ويتحقق الأمر نفسه في جميع الصخور، أيًا ما كانت قوتها أو صلابتها. إذ يتحقق للحديد والرصاص، كما يتحقق حتى في أكثر الأخشاب صلابة، وكذلك تمامًا معك ومعي. لقد قلتُ إن المادة الصلبة مكوّنة من ذرات «مربوطة» معا، لكن تعبير «مربوطة» يعني شيئا غريبًا هنا تقريبًا لأن الذرات نفسها هي فضاء خالٍ على الأغلب. والمسافات بين النويَّات سحيقة للغاية، حتى إنه بمقاييس كرة القدم، يكون البعد بين أي واحدة وما يليها 15 كيلومترًا مع بعوض قليل فيما بينها.

كيف يمكن حدوث هذا؟ لو افترضنا أن أي صخرة عبارة عن فضاء خالٍ تقريبا، والمادة الفعلية بها هي نقاط متناثرة مثل كرات قدم تفصلها عدة كيلومترات عن جاراتها، فكيف يتأتى أن تكون بهذه الصلابة والقوة؟ لماذا لا تنهار كمنزل من ورق الكرتون عندما تجلس عليه؟ لماذا لا نستطيع أن ندرك حقيقتها؟ فإذا كان كلٌّ من الجدار وأنا مجرد فضاء خال تقريبا، فلماذا لا أستطيع المرور من خلال الجدار مباشرة؟ لماذا تكون الجدران والصخور بهذه الصلابة، ولماذا لا نستطيع دمج فراغنا مع فراغاتها؟

ينبغي علينا أن نتأكد من أن ما نحسه ونراه على أنه مادة صلبة هو شيء أكثر من مجرد ذرات ونواتات ـ أي الـ «كرات» والـ «بعوض». إذ يتحدث العلماء عن «القوى» و«الروابط» و«المجالات»، التي تمارس تأثيرها بطرق مختلفة سواء لتظل الكرات متباعدة عن بعضها بعضًا أو لتستمر مكوِّنات كل «كرة قدم» باقية معًا. وتلك القوى والمجالات هي التي تعطي الشعور بصلابة الأشياء.

عندما تصل إلى أعماق الأشياء الصغيرة في الواقع مثل الذرات والنواتات، يبدأ التمييز بين «المادة» و«الفضاء الخالي» في فقْد معناه. فليس من الصواب واقعيا أن تقول إن «النواة» «شيء مادي» مثل كرة القدم، وإن هناك «فضاء خاليا» حتى تصل إلى النواة التالية.

نحن نعرِّف المادة الصلبة على أنها «ما لا تستطيع المرور من خلالها». فأنت لا تستطيع المرور من جدًّار بسبب تلك القوى الغامضة التي تربط النواتات بجاراتها في وضع ثابت. وذلك هو معنى الصلابة.

وللسوائل معنى مشابه نوعًا ما، فيما عدا أن تلك المجالات والقوى الغامضة التي تربط بين الذرات تكون أقل شدة، حتى أنها تنزلق فوق بعضها بعضًا، بما يعني أنك تستطيع السير خلال الماء، رغم أنه لن يكون بنفس السرعة التي تسير بها في الهواء. ومن اليسير المشي في الهواء لكونه غازا (فعليا، خليط من عدة غازات)، ذلك لأن الذرات في أي غاز تتحرك بحريَّة، بدرجة أكبر من ارتباطها ببعضها بعضًا. ويصبح السير عسيرا في الغاز فقط لو كانت معظم ذراته تتحرك في نفس الاتجاه، على أن يكون هو الاتجاه المعاكس الذي تحاول أن تمشي خلاله. وهذا هو نفس ما يحدث عندما تتحرك في اتجاه مضاد لحركة الرياح (ذلك هو معنى «الرياح»). ويكون السير مستحيلا في مقابل عاصفة صناعية تنطلق خلف محرك نفّاث.

ولا نستطيع المرور داخل أي مادة صلبة، غير أن بعض الجسيمات الصغيرة جدًّا تتمكن من ذلك مثل تلك الجسيمات التي تسمى الفوتونات. فأشعة الضوء تتكون من تيارات متدفقة من الفوتونات، وبمقدورها أن تنفُذ مباشرة من بعض أنواع المواد الصلبة ـ الأنواع التي نسميها بـ «الشفافة». فثمة سبب ما في طريقة ترتيب «الكرات» في الزجاج أو الماء أو في بعض الأحجار الكريمة يتيح للفوتونات المرور مباشرة من خلالها، رغم ما يحدث من تباطؤ سرعتها قليلا، شأن ما يحدث لك عندما تحاول السير في الماء.

ومع بعض الاستثناءات القليلة مثل بلّورات الكوارتز، ليست الصخور شفافة، وليس بمقدور الفوتونات المرور منها. وبدلا من ذلك، اعتمادا

على لون الصخر، إما أن يمتصها الصخر أو تنعكس من على سطحه، والأمر نفسه يحدث مع معظم الأجسام الصلبة الأخرى. وبعض المواد الصلبة تعكس مسار الفوتونات في خطوط مستقيمة لها طبيعة خاصة جدًا، وهي التي نسميها المرايا. لكن معظم المواد الصلبة تمتص الكثير من الفوتونات (ليست مواد شفافة) وتتسبب في تشتيت حتى الأشعة التي تعكسها (لا تسلك سلوك المرايا). ونقول عليها إنها «معتمة»، ونقول إن لها لونًا معينًا، يعتمد على نوعية الفوتونات التي تمتصها والأنواع التي تعكسها. ولسوف أعود لموضوع الألوان لأهميته في الفصل السابع، وفي الوقت نفسه، نحن بحاجة لقصر رؤيتنا على هذا الشيء بالغ الصغر، والنظر مباشرة إلى ما بداخل النواة ـ كرة القدم ـ ذاتها.

أصغر الأشياء جميعًا

في واقع الأمر ليست النواة مماثلة لكرة القدم. فقد كان ذلك مجرد نموذج أوَّلي. فهي ليست بالتأكيد مستديرة كالكرة. كما أنه من غير الواضح إن كنا نستطيع الحديث عن «شكل معين» لها على الإطلاق.

لربما كانت كلمة محددة كـ«شكل»، مثل كلمة «صلب»، تفقد أي معنى لها عند هذه الأحجام بالغة الصغر. ونحن نتحدث عن حجم صغير جدًّا جدًّا في الواقع: فالنقطة في نهاية هذه الجملة تحتوي على نحو مليون مليون ذرة من حبر الطباعة.

وكل نواة تحتوي على جسيمات أصغر تسمى البروتونات والنيوترونات. ويمكنك التفكير فيها باعتبارها كرات أيضا، إن كنت ترغب في هذا، لكنها كما في حالة النواتات ليست كروية في الواقع. وللبروتونات والنيوترونات نفس الحجم تقريبا. وهي بالغة الصغر جدًّا جدًّا جدًّا في الحقيقة، لكن رغم هذا فحجم أي منها أكبر 1000 مرة

من حجم الإلكترونات «الهاموش» التي تتحرك في مدار حول النواة. والفرق الرئيسي بين البروتون والنيوترون أن للبروتون شحنة كهربية. وللإلكترونات أيضا شحنة كهربية، مخالفة لشحنة البروتونات. ولسنا بحاجة لأن نربك أنفسنا بما تعنيه «الشحنة الكهربية» هنا. لكن ليست للنيوترونات شحنة كهربية.

لأن الإلكترونات صغيرة جدًّا جدًّا جدًّا للغاية (بينما البروتونات والنيوترونات صغيرة جدًّا جدًّا جدًّا فقط!) فإن كتلة الذرة، عمليا، تُقدر فقط بكتلة ما تحتويه من بروتونات ونيوترونات. ماذا يعني تعبير «الكتلة»؟ حسناً، يمكنك التفكير في الكتلة كشيء قريب من الوزن، وتستطيع قياسها باستخدام نفس وحدات الوزن (الجرام أو الباوند). وليس الوزن مطابقا للكتلة، مع ذلك، وسوف يتعين عليّ توضيح الفرق بينهما، لكنني سأؤجله للفصل التالي. في الوقت الحالي عليك فقط أن تفكر في «الكتلة» باعتبارها شيئًا شبيهًا بـ «الوزن».

تعتمد كتلة أي جسم بكامله غالبا على مقدار ما لديه من بروتونات ونيوترونات في جميع ذراته لو أضيفت معا. وعدد البروتونات في نواة أي ذرة من ذرات عنصر معين دائما ما يكون ثابتا، ويساوي عدد الإلكترونات في المدار المحيط بالنواة، رغم أن الإلكترونات لا تسهم بشكل ملحوظ في الكتلة لأنها بالغة الصغر. فذرة الهيدروجين تحتوي على بروتون واحد فقط (وإلكترون واحد). وذرة اليورانيوم بها 92 بروتونا. وبالرصاص 82 بروتونا. وللكربون 6 بروتونات. وكل عدد محتمل من 1 إلى 100 (وأكثر من هذا قليلا)، يقابله عنصر، وعنصر واحد فقط به هذا العدد من البروتونات (ونفس العدد من الإلكترونات). لن أضع قائمة بهم جميعا، لكن من اليسير إجراء هذا.

وعدد البروتونات (أو الإلكترونات) التي يمتلكها أي عنصر يسمى

«العدد الذري» لذلك العنصر. لذلك يمكنك تعريف أي عنصر ليس من خلال اسمه فقط، بل عن طريق عدده الذري المتفرِّد. على سبيل المثال، فالعنصر رقم 6 هو الكربون؛ والعنصر رقم 82 هو الرصاص. وتندرج العناصر بصورة لا لبس فيها في جدول يسمى الجدول الدوري ـ لن أخوض في سبب هذه التسمية، رغم أهميتها. لكن حانت الآن لحظة العودة، كما سبق ووعدت، إلى السؤال عن سبب ما يحدث عندما تقوم بتجزئة قطعة، لِنَقُل من الرصاص، إلى قطع أصغر فأصغر، وحتى تصل في النهاية إلى نقطة، يصبح الرصاص بعدها شيئًا آخر لو واصلت عملية التجزئة. ونحن نعلم أن في الرصاص 82 بروتونا. فلو قمت بتقسيم الرصاص بحيث لم يعد به 82 بروتونا، فلسوف يتوقف عن كونه رصاصا.

على أن عدد النيوترونات في نواة الذرة ليس ثابتا مثل عدد البروتونات: فالكثير من العناصر لها نسخ متعددة، تسمى النظائر، حيث يكون بها عدد مختلف من النيوترونات. كمثال على ذلك، هناك ثلاثة نظائر للكربون، تسمى الكربون ـ 12، الكربون ـ 13، والكربون ـ 14. وهذه الأعداد تُشير إلى كتلة الذرة، التي هي مجموع كتلتي البروتونات والنيوترونات. وبكل واحدة من الذرات الثلاث ستة بروتونات. ونجد أن بذرة الكربون ـ 12 ستة نيوترونات، والكربون ـ 13 سبعة نيوترونات، والكربون ـ 14 ثمانية نيوترونات. وبعض النظائر، مثلا، كالكربون ـ 14 لها نشاط إشعاعي، ما يعني أنها تتحول إلى عناصر أخرى بمعدل يمكن التنبؤ به، رغم عدم إمكانية التنبؤ بلحظة حدوثه. ويستطيع العلماء استخدام هذه الخاصية في المساعدة على حساب أعمار الحفريات. ويُستخدم الكربون ـ 14 في تحديد أعمار الأشياء الأصغر من معظم الحفريات، مثلا كما في حالة السفن الخشبية القديمة.

حسنٌ، هل تساؤلنا عن تجزئة المواد أصغر فأصغر انتهى عند هذه

الجسيمات الثلاثة: الإلكترونات، البروتونات والنيوترونات؟ كلّا ـ حتى البروتونات والنيوترونات توجد أشياء بداخلها. إنها تحتوي كذلك على أشياء أصغر، تسمى الكواركات(*). لكنني لن أتناولها بالحديث في هذا الكتاب. وليس ذلك بسبب اعتقادي أنك لن تفهمها. بل إن السبب أنني شخصيًّا لا أفهمها! ونحن هنا ننتقل إلى عالم عجيب من الغموض. ومن الضروري أن نعترف عندما نصل إلى حدود ما نفهمه. وهذا لا يعني أننا لن نفهم هذه الأشياء أبدا. ومن المحتمل أن نفهمها، فالعلماء يعملون عليها بكل الأمل في تحقيق النجاح. لكن يتعين علينا أن نعرف أن ثمة أمورا لا نفهمها، ونبيِّن ذلك لأنفسنا، قبل أن نبدأ في العمل عليها. ويوجد علماء يفهمون على الأقل بعض الأمور في أرض العجائب الخاصة بالأشياء بالغة الصغر، لكنني لست واحدا منهم. إنني أعرف حدودي.

الكربون، ثقَّالة الحياة

تتسم جميع العناصر بخصوصياتها في مساراتها المختلفة. لكن هناك عنصرا وحيدا، وهو الكربون، شديد الخصوصية حتى إننا سننهي هذا الفصل بالحديث عنه باختصار. وتختص كيمياء الكربون باسم يميزها عن باقي العناصر جميعا: هو الكيمياء «العضوية». بينما جميع العناصر الأخرى تندرج تحت اسم «الكيمياء غير العضوية». وبالتالي ما هذا الشيء الخاص جدًّا لدى الكربون؟

تتمثل الإجابة في أن ذرات الكربون ترتبط بذرات الكربون الأخرى لتشكِّل سلاسل. فالمركَّب الكيميائي المعروف باسم الأوكتان، الذي ربما تعرف أنه من مكوِّنات البترول (الجازولين)، أقرب إلى سلسلة قصيرة من ثماني ذرات كربون معها ذرات هيدروجين حولها في الجوانب. والأمر المدهش عن الكربون أنه يستطيع عمل سلاسل بأي أطوال، يصل

(*) الجسيمات الدقيقة.

طول بعضها بالفعل إلى مئات من ذرات الكربون. وأحيانا ما تتخذ تلك السلاسل شكلا حلقيا. كمثال على ذلك، فجزيئات النفتالين (المادة التي تصنع منها كرات مقاومة العتّة) تتكون من الكربون والهيدروجين المتصل بها، وهذه المرة في حلقتين.

وكيمياء الكربون أقرب إلى طاقم تركيب لعب الأطفال المسمى التينكرتوي Tinkertoy. ففي المعمل، نجح العلماء في جعل ذرات الكربون تتصل إحداها مع الأخرى، ليس فقط في حلقات مفردة لكن على صورة جزيئات رائعة الشكل بطريقة الـ Tinkertoy المسماة بكرات الباكي وأنابيب الباكي. وكلمة «باكي» هي لقب باكيمنستر فولر Buckyminster -Fuller ، المهندس المعماري الأمريكي الكبير مخترع القبة الجيودوسية. وكرات الباكي وأنابيب الباكي التي كوّنها العلماء هي جزيئات مصنعة معمليا. لكن يتبين منها الطريقة الشبيهة بتركيب لعب الأطفال في إمكانية اتصال ذرات الكربون معا في تراكيب مماثلة للثقالات والتي تتيح إمكانية أن يتزايد حجمها بصورة لا نهائية. (وأخيرًا وردت أنباء عن اكتشاف وجود كرات الباكي في الفضاء الخارجي، في الغبار المتراكم بالقرب من نجم بعيد). وتقدم كيمياء الكربون عددا يقترب من المالا نهاية من الجزيئات المحتملة، جميعها بأشكال مختلفة، وثمة آلاف مختلفة منها توجد في الكائنات الحية.

ويوجد أحد الجزيئات الكبيرة جدًّا المسمى ميوجلوبين، على سبيل المثال، بملايين النسخ في جميع عضلاتنا. وليست كل الذرات الداخلة في تركيب الميوجلوبين تقتصر على الكربون، لكن ذرات الكربون هي التي تتصل معا في هذه التراكيب المبهرة شبيهة الثقالة على شكل التينكرتوي. وهذا ما يجعل الحياة قابلة للاحتمال في الواقع. وعندما تفكر في أن الميوجلوبين مجرد مثال وحيد من بين آلاف الجزيئات

المعقدة بنفس القدر في الخلايا الحية، فلربما تستطيع أن تتخيل، مثلما تستطيع بناء أي شيء آخر بالغ الجمال تهواه لو كنت تملك عددًا كبيرًا كافيًا من التينكرتوي، أن كيمياء الكربون توفر مدى هائلا من الأشكال المحتملة اللازمة لابتداع أي شيء يتسم بالتعقيد ككائن حي.

ما هذا، الا توجد أساطير؟

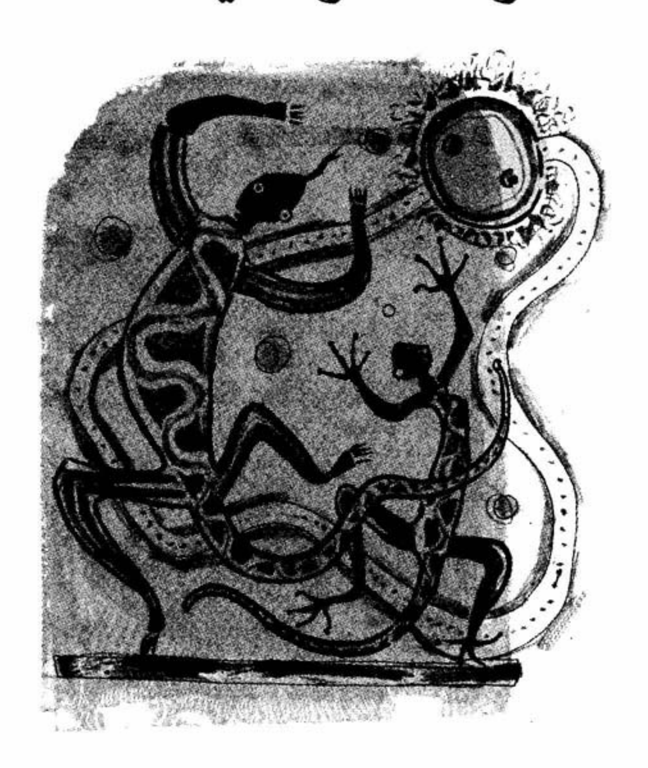
اتسم هذا الفصل بغرابته ذلك لأنه لم يبدأ بقائمة من الأساطير. والسبب في هذا أنه كان من المحال وجود أي أساطير تتعلق بهذا الموضوع. فبخلاف، مثلا، الشمس، أو قوس قزح، أو الزلازل، لم يكن العالم الخلاب لواقع الجسيمات الدقيقة قد لوحظ من الناس البدائيين. وإذا فكرنا في هذا للحظة، فلن يكون مدعاة للدهشة. إذ كان يستحيل عليهم إدراك أن له وجودا، وبناء عليه بطبيعة الحال لم يخترعوا أي أساطير لتفسيره!. ولم يكن بالمستطاع حتى تمّ اختراع الميكروسكوب في القرن السادس عشر - أن يكتشف الناس أن البرك والبحيرات، التربة والغبار، وحتى أجسامنا، تحتشد بكائنات حية دقيقة، على درجة من الصغر تحول دون رؤيتها، كما أنها معقدة التركيب، وعلى طريقتها تتسم بالجمال - أو قد تكون مرعبة، حسب طريقة تفكيرك أنت فيها.

عثّة الغبار بعيدة الصلة بالعناكب لكنها بالغة الصغر إلى حد يتعذر معه رؤيتها إلا باعتبارها بقعة ضئيلة الحجم. وبالمنازل توجد الآلاف منها تزحف بين السجاجيد والأسرَّة، ومن المحتمل تماما أن تتخلل جسمك. وإذا كان الناس في الماضي قد تعرفوا عليها، فبإمكانك أن تتخيل نوعية الأساطير والخرافات التي ربما كانوا سيخترعون لتفسيرها! لكن قبل اختراع الميكروسكوب، لم يكن لوجودها مكان حتى في الأحلام - وبالتالي لم توجد أساطير حولها. ورغم هذا الحجم الصغير لعثّة الغبار، فالواحدة منها تحتوي على مائة تريليون ذرة.

ويتعذر علينا أن نرى عثَّة الغبار نظرا للضآلة البالغة لحجمها، غير أن الخلايا المكوِّنة لها صغيرة الحجم أيضا. والبكتيريا التي تحيا بداخلها ـ وبداخلنا ـ بأعداد هائلة أصغر حجما من ذلك.

على أن الذرات أصغر حتى من هذه البكتيريا بمدى كبير. والعالم بأكمله مصنوع من أشياء دقيقة على نحو يتعذر تصديقه، أشياء بالغة الصغر حتى إنه يستحيل رؤيتها بالعين المجردة ـ وحتى الآن لا وجود لأساطير أو حتى لما يقال إنها كتب مقدسة، يعتقد بعض الناس، حتى وقتنا الحالي، أنها جاءت إلينا من إله كلِّي المعرفة، ولم تذكر تلك الكتب شيئا عنها على الإطلاق! وفي حقيقة الأمر، عندما تنظر في تلك الأساطير والحكايات، يمكنك أن ترى أنها لا تحتوي على أي معارف من تلك التي استنتجها العلم بصبر. فلم تقل لنا شيئا عن حجم الكون أو مقدار عمره؛ لم تخبرنا بطريقة علاج السرطان؛ لم تشرح سبب الجاذبية أو آلة الاحتراق الداخلي؛ أو الكهربية، أو التخدير. ومن غير المثير للاستغراب، في الواقع، أن القصص في الكتب المقدسة لا تحتوي على أي معلومات إضافية عن العالم أكثر مما كان يعلمه الناس البدائيون الذين كان لهم قصب السبق في روايتها! وإذا كانت هذه «الكتب المقدسة» حقيقة قد كُتبت أو أُمليت أو أُوحي بها من الآلهة ذوي المعارف الكلية، ألا تعتقد أنه من الغريب ألا يقول أولئك الآلهة شيئا عن تلك الأشياء المهمة والمفيدة؟

الفصل الخامس
لماذا الليل والنهار، والشتاء والصيف؟



تخضع حيواتنا لهيمنة إيقاعين كبيرين، أحدهما أبطأ كثيرا من الآخر. والإيقاع السريع هو التبادل اليومي لليل والنهار، الذي يتكرر كل 24 ساعة، والبطيء هو التبادل السنوي بين الشتاء والصيف، الذي له زمن تكراري يزيد قليلا على 365 يوما. ومن غير المثير للدهشة، أن يُفرِّخ الإيقاعان الأساطير. ودورة النهار والليل خصوصا غنية بالأساطير بسبب الطريقة الدرامية لما يبدو من حركة الشمس من الشرق إلى الغرب. حتى إن العديد من الشعوب كانت ترى الشمس مثل عربة ذهبية، يسوقها إله عبر السماء.

كان السكان الأصليون لأستراليا منعزلين في قارتهم بالجزيرة على مدى 40 ألف عام على الأقل، ولديهم بعض أقدم الأساطير في العالم. وقد وُضِعت هذه الأساطير غالبا في عصر غامض يسمى زمن الحلم Dreamtime، عندما بدأ العالم وكان مسكونا بالحيوانات وبجنس من الأسلاف العمالقة. وللقبائل المختلفة من السكان الأصليين أساطير مختلفة من زمن الحلم. وتأتي هذه الأسطورة الأولى من قبيلة تستوطن سهول الفلندر Flinders جنوبي أستراليا.

خلال زمن الحلم، انعقدت صداقة بين سحليَّتين. إحداهما كانت من نوع جوانا goanna (الاسم الأسترالي لسحلية كبيرة الحجم تنتمي لسحالي الورل) والأخرى من نوع جيكو gecko (سحلية صغيرة الحجم مبهجة الشكل ذات زوائد ماصة في أرجلها تستخدمها في التسلق على

الأسطح الرأسية). واكتشف الصديقان أن بعض الأصدقاء الآخرين من نوعهما تعرضوا لمجزرة على يد «امرأة الشمس» وداعميها من كلاب الدينجو صفراء اللون.

وقد استبد بها الغضب من امرأة الشمس، قذفتها سحلية الجوانا الكبيرة بسلاحها(*) خارج السماء Boomerang. وتلاشت الشمس في النطاق الغربي ليغرق العالم في الظلام. أصاب الذعر السحليتين وحاولتا جاهدتين إعادة الشمس إلى السماء، لاستعادة الضياء. أخذت الجوانا سلاحا آخر وقذفت به في اتجاه الغرب، في الموضع الذي اختفت فيه الشمس. وكما قد تعلم، فهذه المقذوفات هي أسلحة من النوع الذي يرتد إلى صاحبه، وكان الأمل يراود السحليتين في أن يعلق السلاح بالشمس ويعيدها إلى السماء. وهو ما لم يحدث. وحينئذ حاولتا قذف الأسلحة في كل الاتجاهات، على أمل مبهم في استرجاع الشمس. وفي النهاية، لم يعد لدى سحلية الجوانا سوى سلاح واحد من هذا النوع المرتد، وقد تملكها اليأس فألقت به في اتجاه الشرق، الاتجاه المقابل للاتجاه الذي اختفت فيه الشمس. هذه المرة، بعد ارتداد السلاح، جلب معه الشمس. ومنذ ذلك الحين، أصبحت الشمس تكرر النموذج نفسه من الاختفاء في الغرب والعودة للظهور من الشرق.

وللعديد من الأساطير والخرافات من جميع أنحاء العالم نفس هذا الملمح الغريب: تقع حادثة معينة ذات مرة، ومن ثم، لأسباب لم تتضح، تستمر هذه الأمور في الحدوث مرة بعد أخرى للأبد.

ها هي أسطورة بدائية أخرى، هذه المرة من جنوب شرقي أستراليا.

(*) عبارة عن قطعة خشبية على شكل زاوية منفرجة، وتسمى «كيد» لسرعة ارتدادها إلى راميها.

فقد قذف أحد الأشخاص ببيضة طائر يسمى درميس Emu (أحد أنواع النعام الأسترالي) صوب السماء. ففقست الشمس من البيضة وأضرمت النار في كومة خشب قابلة للاشتعال تصادف أن كانت هناك (لسبب ما). ولاحظ إله السماء أن الضوء مفيد للناس، وطلب من خَدَمه الخروج كل ليلة منذ ذلك الحين، ليضعوا ما يكفي من الخشب في السماء ليضيء في اليوم التالي.

كما أن الدورة الطويلة للفصول كانت موضوعا للأساطير حول العالم. وفي أساطير سكان أمريكا الشمالية الأصليين، شأن العديد غيرهم، غالبا ما توجد شخصيات من الحيوانات. وفي هذه الأسطورة، لسكان التاهيتي غربي كندا، نشب نزاع بين حيوانات الشيهم Porcupine والـ Beaver القندس- حول الزمن اللازم لكل فصل من الفصول. وكان البوركيوباين يريد أن يستمر الشتاء لخمسة أشهر، وبالتالي أبقى أصابعه الخمسة. أما القندس فكان يريد بقاء الشتاء لعدة شهور أطول من هذا ـ حسب عدد الشقوق في ذيله. وتملك الغضب البوركيوباين مصمما على أن يكون الشتاء قصيرا حتى عن ذلك. وعلى نحو درامي قضَم إبهامه واستبقى الأصابع الأربعة الأخرى. ومن تلك اللحظة أصبح فصل الشتاء أربعة أشهر.

وأنا أجد أن هذه أسطورة تنحو لخيبة الأمل، ذلك لأنها تفترض أنه سيوجد شتاء وصيف، ولا توضح إلا عدد الأشهر اللازمة لكل فصل. والأسطورة اليونانية عن برسيفون أفضل منها في هذا السياق على الأقل.

كانت برسيفون ابنة زيوس رئيس الآلهة. وأمها ديميتر، إلاهة الخصوبة والحصاد في الأرض. وحظيت برسيفون بحب كبير من أمها، التي كانت تساعدها في الإشراف على المحاصيل. لكن هيديز، إله العالم السفلي، بيت الموتى، وقع في حب برسيفون أيضا. ذات يوم، عندما كانت تلعب

في مرج للزهور، انفتحت فوهة هائلة وظهر هيديز من الأسفل ممتطيا عربته؛ وقبض على برسيفون، وحملها إلى أسفل جاعلا منها ملكة على مملكته السفلية المظلمة. أصابت الصدمة ديميتر بحزن كبير لفقدها ابنتها المحبوبة حتى إنها منعت النباتات من النمو، وبدأ الناس يتضوَّرون جوعا. بعث زيوس في النهاية هيرميس ـ رسول الآلهة ـ إلى العالم السفلي ليعيد برسيفون إلى أرض الحياة والضياء. لسوء الحظ، تصادف أن كانت برسيفون قد تناولت ستّة من حبوب بذور الرمان وهي في العالم السفلي وهذا كان يعني ـ من نوع المنطق الذي بتنا معتادين عليه مما تهدف الأسطورة إلى الوصول إليه ـ أنها كانت مضطرة للعودة إلى العالم السفلي لمدة ستة أشهر (واحدة لكل بذرة من حبوب الرمان) كل عام. وبالتالي تحيا برسيفون فوق الأرض لجزء من السنة، تبدأ من فصل الربيع وتستمر خلال الصيف. لكن خلال هذه الفترة، تزدهر النباتات ويكون الكل في ازدهار. أما أثناء فصل الشتاء، عندما ينبغي عليها أن تعود إلى هيديز لأنها أكلت تلك البذور الضارة من حب الرمان، تكون الأرض باردة وجرداء خالية من النماء.

ما الذي يؤدي حقًا لتغيير النهار إلى الليل، والشتاء إلى الصيف؟

طالما تتغير الأشياء بإيقاع منتظم بدقة كبيرة، يشك العلماء في أن شيئا يتأرجح مثل البندول أو شيئا يدور: يستمر في الدوران مرة بعد أخرى. وفي حالة إيقاعاتنا اليومية والفصلية، تحدث الحالة الثانية. ويتضح الإيقاع الفصلي من دوران الأرض مرة في السنة حول الشمس، على مسافة تبلغ نحو 93 مليون ميل. كما يتبين الإيقاع اليومي من دوران الأرض حول نفسها مرة بعد أخرى مثل كرة تدور حول محورها.

على الرغم أن توهُّم أن الشمس تتحرك عبر السماء ليس إلا مجرد ـ وهم. إنه الوهم الناجم عن الحركة النسبية. وسوف تلتقي بنفس هذا النوع من الوهم مرارا وتكرارا. لو كنت تستقل قطارا، يقف على إحدى المحطات في مقابل قطار آخر.. فجأة يبدو أنك بدأت «تتحرك». لكن حينئذ تتأكد أنك لم تتحرك فعليا على الإطلاق. فالقطار الثاني هو الذي يتحرك، في الاتجاه المعاكس. وأتذكر أنني وقعت في شراك هذا الوهم في المرة الأولى لركوبي قطار. (لا بد أنني كنت صغيرا جدًّا، لأنني أتذكر أيضا شيئا آخر فهمته بشكل خاطئ في هذه الرحلة الأولى بالقطار. ففي أثناء انتظارنا على رصيف المحطة، ظل أبواي يتحدثان عن أشياء من نوع «سيأتي قطارنا حالا» و«ها هو قطارنا يأتي»، ثم «هذا هو قطارنا أخيرا». وكنت مستثارا أثناء ركوبه لأنه قطارنا. وغدوت جيئة وذهابا في الممر، في حالة اندهاش من كل ما أراه، شاعرا بالفخر البالغ لأنني كنت أعتقد أننا نملك كل جزء منه).

كما يحدث الخداع في الحركة النسبية للطرف المقابل. فأنت تعتقد أن القطار الآخر يتحرك، لتكتشف أن ما يتحرك هو فقط القطار الذي تستقلّه أنت. وقد يكون من المتعذر توضيح الفرق بين الحركة الظاهرية والحركة الحقيقية. ويكون متيسَّرا إذا بدأ قطارك حركته بجلبة، بطبيعة الحال، لكن يتعذر ذلك إذا تحرك القطار بنعومة ويسر بالغين. وعندما يجتاز قطارك قطارًا يسير بسرعة بطيئة، فقد تخدع نفسك أحيانا بالاعتقاد أن قطارك لا يزال ساكنًا بينما الآخر يعود للخلف ببطء.

يحدث الأمر نفسه مع الشمس والأرض. فالشمس لا تتحرك فعليا في سمائنا من الشرق إلى الغرب. وما يحدث في واقع الأمر أن الأرض، شأن كل شيء تقريبا في الكون (بما فيها الشمس نفسها، بالمناسبة، لكننا نستطيع التغاضي عن ذلك)، تدور وتدور وتدور. ومن الناحية التقنية نقول

إن الأرض تدور في حركة مغزلية حول «محورها»: وبمقدورك أن تفكر في كلمة محور على أنها تشبه نوعا ما خطًّا مستقيما يمر خلال كوكب الأرض من القطب الشمالي حتى القطب الجنوبي. وغالبا ما تظل الشمس ساكنة بالنسبة للأرض (وليس بالنسبة للأشياء الأخرى في الكون، ولكنني لست بصدد الكتابة عن الكيفية التي يبدو عليها الوضع بالنسبة لنا هنا، على كوكب الأرض). فنحن ندور في حركة مغزلية بنعومة فائقة تجعلنا لا نشعر بتلك الحركة، والهواء الذي نتنفسه يدور معنا. فإذا لم يكن يدور، لشعرنا بأنه مثل رياح مندفعة عاصفة، لأننا ندور بسرعة تصل إلى ألف ميل في الساعة. هذه على الأقل هي سرعة الدوران عند خط الاستواء، ويتضح أن سرعة الدوران تقل بقدر محدود كلما اقتربنا من القطب الشمالي أو الجنوبي ذلك لأن الأرض التي نقف عليها ليست على شكل دائرة تامة حول محور. ونظرا لأننا لا نستطيع الإحساس بالحركة المغزلية لكوكب الأرض، كما أن الهواء يدور بالكيفية نفسها معنا، فهذا وضع مشابه لحركة القطارين. والوسيلة الوحيدة التي نتمكن من خلالها من معرفة أننا نتحرك هي؛ أن ننظر إلى الأشياء التي ليست في حركة مغزلية معنا: أشياء مثل النجوم والشمس. فما نراه هو الحركة النسبية ـ وكما في حالة القطارات تماما ـ يبدو الوضع كأننا واقفون في حالة سكون لا نزال بينما الشمس والنجوم هي التي تتحرك عبر سمائنا.

ثمة فيلسوف شهير يدعى فيتجنشتين Wittgenstein سأل ذات مرة تلميذته وصديقته إليزابيث آنسكومب Elizabeth Anscombe، لماذا يقول الناس إنه كان من الطبيعي التفكير في أن الشمس تدور حول الأرض بدلا من القول بدوران الأرض حول محورها؟"

أجابتْ مس آنسكومب: «في ظني أن الوضع يبدو كما لو أن الشمس هي التي تدور حول الأرض».

أجاب فيتجنشتين: تمام، ما الذي كانت ستبدو عليها الحال لو كان اتضح أن الأرض تدور حول محورها؟

وعليك أن تحاول وتتوصل للإجابة عن ذلك!

لو كانت الأرض تدور في حركة مغزلية بسرعة ألف ميل في الساعة، فلماذا عندما نقفز عاليا في الهواء، لا نسقط في مكان مختلف؟ حسنٌ، عندما تكون في قطار يسير بسرعة 100 ميل في الساعة، تستطيع القفز عاليا في الهواء إلا أنك ستظل تسقط في نفس الموضع بالقطار. وقد تعتقد أنك مقيد بالقطار على نحو ما في الحركة للأمام أثناء القفز، لكن لن يكون الإحساس بذلك بسبب أن كل شيء آخر يتحرك للأمام بالمعدل نفسه. وبمقدورك أن تقذف بالكرة عاليا في القطار غير أنها ستعود مباشرة لأسفل مرة ثانية. وتستطيع أن تلعب مباراة كاملة في كرة تنس الطاولة داخل قطار، طالما كان يتحرك بسرعة منتظمة وليس بعجلة تزايدية أو تناقصية أو يدور مسرعا في منحنى مفاجئ ـ لكن فقط في عربة قطار مقفلة. فإذا حاولت أن تلعب مباراة تنس الطاولة على شاحنة مفتوحة فقد تسقط الكرة خارجها. وذلك بسبب أن الهواء يكون معك في عربة مغلقة، وليس عندما تكون واقفا أعلى شاحنة مفتوحة ـ وعندما تكون مسافرا بسرعة منتظمة في عربة قطار مقفلة، من دون اعتبار لمقدار سرعتها، فباستطاعتك أن تبقى واقفا بثبات تماما كما يحدث في كرة تنس الطاولة، أو كأي شيء آخر ذي صلة يحدث في القطار. ومع ذلك، إذا تزايدت سرعة القطار، أو تباطأت، وقمت أثناءها بالقفز عاليا في الهواء، فسوف تهبط في موقع آخر! وستكون مباراة تنس الطاولة في قطار متزايد أو متباطئ السرعة أو في انحناء حاد مباراة غريبة، رغم أن الهواء داخل العربة لا يزال ساكنا بالنسبة للعربة. وسوف نعود مجددا لهذا في موضع لاحق، في ارتباطه بما يحدث عندما تُقذف أشياءٌ من محطة فضاء أثناء دورانها.

الليل يفسح المجال للنهار، والنهار يفسح المجال لليل، باعتبار جزء العالم الذي تصادف وقوفنا عليه إن كان يدور ليواجه الشمس، أو يدور إلى إظلام جزئي. لكن غالبا كحالة درامية، على الأقل لأولئك الذين يعيشون بعيدا عن خط الاستواء، ذلك التغيير الفصلي ما بين الليالي الطويلة والقصيرة، النهارات الحارة في الصيف ولياليه الطويلة والنهارات القصيرة والباردة في الشتاء.

الفرق بين الليل والنهار يتسم بالإثارة ـ الإثارة البالغة ـ حتى إن معظم أنواع الحيوانات يمكن أن تنمو بقوة إما في النهار أو الليل وليس في كليهما. وهي عادة تخلد إلى النوم خلال فترة «إجازتها». وينام البشر ومعظم الطيور أثناء الليل ويمارسون نشاطهم الحياتي خلال النهار. أما القنافذ والنمور الأمريكية من نوع الجاجوار والعديد من الثدييات الأخرى فتزاول عملها ليلا وتنام نهارا.

وبالطريقة نفسها، للحيوانات وسائل متباينة للمواءمة مع التغيرات بين الشتاء والصيف. فثمة أعداد كبيرة من الثدييات ينمو لها غطاء طبيعي كثيف أشعث لمواجهة الشتاء، وتتخلص منه في الربيع. والكثير من الطيور، والثدييات أيضا، تهاجر أحيانا لمسافات هائلة، لتقضي الشتاء قريبا من خط الاستواء، ثم تهاجر عائدة لخطوط العرض العليا ـ في أقصى الشمال أو الجنوب ـ خلال الصيف، حيث توفر النهارات الطويلة والليالي القصيرة غذاء وفيرا. والطائر البحري المسمى الخرشنة القطبي يمارس ذلك لأقصى مدى. إذ تقضي تلك الطيور صيف الشمال في منطقة القطب الشمالي. ومن ثمَّ، في خريف الشمال، تهاجر جنوبا ـ ولكنها لا تتوقف عند خطوط الاستواء المدارية، بل تقطع كل المسافة حتى تصل

إلى أنتاركتيكا(*). وتصف الكتب أحيانا منطقة أنتاركتيكا على أنها «الأراضي الشتوية» لطائر الخرشنة القطبي، لكن بطبيعة الحال هذا لغو فارغ: فالوقت الذي يوجد فيه الطائر في أنتاركتيكا هو الصيف الجنوبي. وهنا أتذكر ملاحظة ساخرة لأحد أصدقائي كان يعيش في إنجلترا خلال الصيف، ويذهب إلى إفريقيا الاستوائية لـ«يتقي الشتاء»!

ثمة وسيلة أخرى تتجنب بها بعض الحيوانات الشتاء هي الخلود للنوم خلاله. وهذه العملية تسمى «البيات الشتوي» من الكلمة اللاتينية hibernus، التي تعني «شتوي» بالإنجليزية. فالدببة والقوارض الأرضية من بين كثير من الحيوانات الثديية، وعدد لا يستهان به من أنواع الحيوانات الأخرى تمارس البيات الشتوي. وبعض الحيوانات ترقد نائمة بصورة مستمرة طوال فصل الشتاء؛ والبعض ينام أغلب الوقت، وأحيانا ما ينخرط بنشاط في أعمال بليدة ثم يتجه للنوم مجددا. وعادة ما تنخفض درجات حرارة أجسامهم بشكل كبير أثناء البيات الشتوي ويتباطأ عمل كل أجهزتهم الداخلية ولا يصدر عنها إلا دقات خافتة. حتى أنه يوجد ضفدع في ألاسكا يصل به الحال إلى حد أن يصبح صلبا متجمدا في كتلة من الثلج، لينصهر عائدا إلى الحياة من جديد في الربيع.

وحتى تلك الحيوانات التي لا تمارس البيات الشتوي أو الهجرة لتتجنب الشتاء، ونحن من بينها، يتعين عليها أن تتكيف مع الفصول المتغيرة. فأوراق النباتات تزدهر في الربيع وتسقط في الخريف (وهذا سبب تسمية هذا الفصل بـ«السقوط fall» في أمريكا)، لذلك فإن الأشجار التي تكون وفيرة الخضرة في الصيف تصبح عارية جرداء في الشتاء. وتولد الحملان في الربيع لتستفيد من درجات الحرارة الدافئة والحشائش

(*) القارة القطبية الجنوبية.

اليانعة أثناء نموها. وقد لا يكون بمقدورنا تطوير أغطية صوفية طويلة في الشتاء، لكننا عادة ما نرتديها.

لذلك لا نستطيع أن نتجاهل الفصول المتغيرة، لكن هل نحن نفهم طبيعتها؟ الكثير من الناس لا يفهمون ذلك. حتى إن هناك من لا يعرفون أن الأرض تقضي عاما كاملا في الدوران حول الشمس. حقا؛ ذلك هو ما تعنيه كلمة عام! وطبقا لاستطلاع رأي، يعتقد 19٪ من الإنجليز أن ذلك يحدث في شهر، وتنطبق النسبة نفسها على مواطني بلدان أوربية أخرى.

حتى بين أولئك الذين يفهمون ما تعنيه كلمة العام، ثمة من يرون أن الأرض تكون قريبة من الشمس في الصيف، بعيدة في الشتاء. لو قلت ذلك لمواطنة أسترالية تعدُّ الشواء لغداء في عيد الميلاد تلبس البيكيني على شاطئ حار ساخن! في اللحظة التي تتذكر فيها أنه في نصف الكرة الجنوبي يكون شهر ديسمبر هو منتصف الصيف ويونيو منتصف الشتاء، تتأكد فيها أن الفصول لا يمكن أن يكون سببها التغيير في مدى قرب أو بعد الأرض عن الشمس. فلا بد من وجود تفسير آخر.

لا نستطيع أن نستمر بعيدين كثيرا عن ذلك التفسير حتى ننظر إلى ما يجعل أجراما سماوية تدور حول أجرام سماوية أخرى في المقام الأول. وذلك ما سوف نفعله فيما يلي.

إلى المدار

لماذا تبقى الكواكب في مدار معين حول الشمس؟ لماذا يبقى أي شيء في مدار حول أي شيء آخر؟ تمّ التوصل إلى فهم هذا لأول مرة على يد السير إسحاق نيوتن Sir Isaac Newton في القرن السابع عشر، أحد أعظم العلماء في التاريخ. أوضح نيوتن أن كل المدارات محكومة

بالجاذبية ـ نفس قوة الجاذبية التي تجذب التفاح الساقط صوب الأرض، لكن بمقياس أكبر ـ خسارة، فالقصة التي تقول: إن نيوتن حصل على الفكرة عندما ارتطمت تفاحة برأسه ربما لا تكون حقيقية.

تخيَّلَ نيوتن مدفعا على قمة جبل شاهق جدًّا، وتتجه ماسورته أفقيا إلى البحر (الجبل على الشاطئ). كل قذيفة يتم إطلاقها يبدو أنها تبدأ حركتها أفقيا، لكنها في الوقت نفسه تسقط تجاه البحر. والجمع بين الحركة فوق البحر والسقوط في البحر يسفر عن منحنى تام هابط، يصل إلى ذروته في بقعة معينة. ومن الضروري أن نفهم أن القذيفة تكون في حالة سقوط على الدوام، حتى في الجزء الأفقي من المنحنى. وليس الأمر أنها تسير أفقيا في وضع مستوٍ لفترة، ثم تُغيِّر رأيها مثل شخصية كارتونية توقن فجأة أن عليها أن تسقط، فتشرع في عمل هذا!

تبدأ قذيفة المدفع في اللحظة التي تغادر فيها فوهة الماسورة، ولكنك لا ترى السقوط باعتباره حركة لأسفل لأن القذيفة تتحرك أفقيا (تقريبا) أيضا، وبسرعة كبيرة.

والآن لنصنع مدفعا أكبر وأكثر قوة، كي يمكن للقذيفة المنطلقة أن تسير لعدة أميال قبل أن تسقط أخيرا في البحر. سنجد أنه لا يزال هناك منحنى هابط، لكن بتدرج بالغ، منحنى يبدو «مستويا» لحد كبير. ويكون اتجاه المسار أفقيا بدرجة كبيرة على مدى لا بأس به من المسافة، لكنه رغم هذا يكون في وضع السقوط في نطاق الفترة الزمنية بأكملها.

هيا نصنع على سبيل التخيل مدفعا أكبر بما لا يقاس، بقوة أكبر كثيرا: تبلغ حدا يدفع القذيفة للسفر لمسار طويل حقا قبل سقوطها في البحر. والآن يبدأ انحناء الأرض في التعبير عن الإحساس بوجوده. لا تزال القذيفة في حالة «سقوط» في إجمالي الزمن، لكن نظرا لأن سطح الكوكب منحنٍ، فكلمة «أفقي» تكتسب الآن معنى غريبا لحد ما. فما تزال قذيفة المدفع تتبع مسارا منحنيا تاما، كما في السابق. لكن نظرا لأنه

ينحني ببطء تجاه البحر، فإن البحر ينحني بعيدا عنه لأن الكوكب مستدير. لذلك يلزم وقت أطول كي تسقط قذيفة المدفع في بقعة في البحر. كما أن السقوطِ مستمر طوال الوقت، لكنه سقوط حول الكوكب.

وأنت تستطيع أن ترى الطريقة التي يدور بها هذا الجدال. نحن الآن نتخيل مدفعا يبلغ من القوة حدا يمكنه إبقاء القذيفة في حالة دوران حول الأرض حتى تعود إلى نقطة إطلاقها. إنها لا تزال في حالة «هبوط»، لكن منحنى هبوطها يماثل انحناء الأرض حتى إنه يأخذ مساره مباشرة حول الأرض دون أن يقترب بأي درجة من البحر. أصبحت القذيفة الآن في مدار وستداوم الدوران حول الأرض لزمن لا نهائي، بفرض عدم وجود مقاومة للهواء تتسبب في إبطاء سرعتها (والتي لها وجود في الواقع). وسوف تستمر في حالة «الهبوط»، لكن منحى الهبوط التام طويل المدى هذا سيتواصل مساره حول الأرض، مرة بعد مرة. وسيكون كأنه نموذج لقمر صغير. في حقيقة الأمر، تلك هي حال الساتالايت ـ إنها «أقمار» صناعية. هي دائما في حالة هبوط لكنها في الواقع لا تسقط أبدا. وتلك الأقمار التي تستخدم في بث المكالمات الهاتفية البعيدة أو الإشارات التليفزيونية تكون في مدار خاص يسمى مدار محطة أرضية. وهذا يعني أن معدل دوران المحطة حول الأرض تمّ ترتيبه ببراعة ليماثل تماما نفس معدل دوران الأرض حول محورها: بمعنى، أنها تدور حول الأرض مرة كل 24 ساعة. والمقصود من هذا، لو تأملت فيها، أنها تحلق دائما فوق نفس الموقع تماما على سطح الأرض. وذلك سبب أنك تستطيع توجيه طبق الساتالايت لديك بدقة نحو قمر صناعي محدد يبث الإشارة التليفزيونية.

عندما يكون جسم ما، مثل محطة فضاء، في مدار معين، فإنه «يهبط» طيلة الوقت، وكل الأجسام في محطة الفضاء، سواء ما نراها خفيفة أو

ثقيلة الوزن، تكون في حالة هبوط بنفس المعدل. وهذا موضع مناسب نستطيع التوقف عنده للحظة لشرح الفرق بين الكتلة والـوزن، كما وعدتكم من قبل في الفصل السابق.

جميع الأجسام الموجودة في محطة فضائية أثناء دورانها تكون عديمة الوزن. لكنها لا تكون عديمة الكتلة. فكتلتها، كما رأينا في ذلك الفصل، تعتمد على عدد البروتونات والنيوترونات المحتواة فيها. أما الوزن فهو تأثير قوة الجاذبية على كتلة الجسم. وعلى سطح الأرض، نستطيع استخدام الوزن لقياس الكتلة لأن تأثير قوة الجذب (تقريبا) متعادل في كل مكان. لكن نظرًا لأن الكواكب الأخرى الأكبر كتلة يكون تأثير جاذبيتها أكبر، بالتالي يتغير الوزن عليها اعتمادا على الكوكب الموجود عليه تلك الكتلة، بينما تظل هذه الكتلة كما هي أيا ما كان هذا الكوكب - حتى لو كانت عديمة الوزن تماما وهي في محطة فضاء في مدارها. فقد تكون كتلة معينة عديمة الوزن على محطة فضائية لأنها ومعها الميزان في «حالة هبوط» بنفس المعدل (وهو ما يسمى السقوط الحر)؛ حتى إنها لا تبذل أي ضغط على آلة الموازين، وهنا يسجل مؤشر الموازين تلك الكتلة على أنها بلا وزن.

لكن على الرغم من أن هذا الجسم قد يكون عديم الوزن. فإنه بعيد كل البعد عن أن يكون عديم الكتلة. وإذا حدث وقفز هذا الجسم (إنسان، مثلا) بقوة بعيدا عن «أرضية» المحطة، منطلقا تجاه «السقف» (قد يتعذر تحديد ما هي الأرضية وما هو السقف بوضوح!)، وليس من الضروري معرفة ارتفاع السقف، أو صوت ارتطام الجسم به، أو الألم الذي سيشعر به جراء ذلك، إذا ما وقع على رأسه. فكل شيء آخر في محطة الفضاء سيظل محتفظا بكتلته بنفس القدر. وإذا كانت لدى هذا الجسم قذيفة مدفع في غرفته، فسوف تبدو كأنها تطفو كشيء بلا وزن، بما يجعله يظن

أنها مجرد كرة شاطئ لها نفس الحجم. ولو حاول قذفها عبر الغرفة، فسرعان ما سيتأكد أنها ليست في خفَّة كرة الشاطئ. ستكون عملية القذف عملية شاقة، ولربما تؤدي بالقاذف للارتداد في الاتجاه المضاد أثناء هذه المحاولة. سيكون الإحساس بأن قذيفة المدفع ثقيلة الوزن، حتى لو كان يبدو عليها ميل خاص بعدم «الهبوط لأسفل» تجاه أرضية محطة الفضاء. وإذا نجح القاذف في رمي القذيفة عبر الغرفة، فسوف تسلك مثل أي جسم ثقيل أثناء ارتطامه بشيء ما خلال مسار حركته، ولن يصبح الوضع طيبا لو ارتطمت برأس أحد رواد الفضاء بالمحطة، سواء مباشرة أو عقب ارتدادها من الحائط. أما لو اصطدمت بقذيفة مدفع أخرى، لارتدَّت كل واحدة منهما في اتجاهين متضادين مع إحساس «ثقيل الوطء»، لا يماثل بالقطع كرتي تنس طاولة ترتد كل واحدة منهما في اتجاه مضاد للأخرى لكن بخفة ظاهرة بعد التصادم. يحدوني الأمل أن يقدم هذا العرض إحساسا بالفرق بين الوزن والكتلة. ففي محطة الفضاء، تكون كتلة قذيفة مدفع أكبر كثيرا من كتلة بالونة، برغم أن كلتيهما قد يكون لهما نفس الوزن المساوي للصفر.

البيْض، القطوع الناقصة والجاذبية الهارية

لنرجع إلى المدفع على قمة الجبل، ونجعله أكثر قوة. ماذا سيحدث؟ حسنٌ، نحن بحاجة الآن لأن نُعرِّف أنفسنا باكتشاف العالم الألماني الكبير جوهانز كبلر Johannes Kepler، الذي كان على قيد الحياة قبل نيوتن مباشرة. وقد أوضح كبلر أن المسار المنحنِي التام للأجسام التي تدور حول أجسام أخرى في الفضاء ليس دائريا تماما لكنه شيء آخر يعرفه علماء الرياضيات منذ العصور اليونانية القديمة بأنه «قطْع ناقص

«ellipse»(*). والقطْع الناقص هو نوع تقريبا على شكل البيضة (فقط «نوع من»: فالبيض ليس قطوعا ناقصة تامة). والدائرة حالة خاصة من القطع الناقص؛ تذكَّر بيضة غير حادة الحواف، بيضة قصيرة جدًّا وبدينة تشبه كرة تنس الطاولة.

ثمة طريقة سهلة لرسم القطع الناقص، بينما تُقنع نفسك في الوقت نفسه أن الدائرة هي حالة خاصة من القطْع الناقص. خذ خيطا واجعله على شكل عروة بعقد طرفيه معا، في صورة عقدة صغيرة ودقيقة قدر الإمكان. ثم ضع دبوسًا داخل "رزمة من الورق" ، قم بإدارة العقدة حول الدبوس، وضع قلم رصاص خلال الطرف الآخر للعقدة، اجْذبه بإحكام راسما كل ما يحيط بالدبوس مع عقدة الخيط بأقصى امتداد لها. بطبيعة الحال سيكون الرسم الناتج دائرة.

بعد ذلك، خذ دبوسًا ثانيًّا والصقه في «رزمة من الورق»، تاليا مباشرة للدبوس الأول بحيث يتماس الدبوسان. أيضا سيكون الرسم الناتج دائرة لأن الدبوسين شديدا القرب من بعضهما لدرجة يمكن معها اعتبارهما دبوسًا واحدا. لكن هنا يكمن الجزء المهم. لنبتعد بأحد الدبوسين عدة بوصات عن الآخر. والآن لو رسمنا بالخيط بأقصى امتداده، لن يكون الشكل الناتج دائرة، سيكون قطْعا ناقصا على «شكل بيضة». وكلما ابتعد الدبوسان لمسافة أطول، لأصبح القطع الناقص أكثر ضيقا. وكلما اقتربا، فسينجم قطْع ناقص أكثر اتساعا ـ شكل أقرب للدائرة ـ وإن كان لا يزال قطْعا ناقصا، وإذا أصبح الدبوسان دبوسًا واحدا، لأسفر ذلك عن رسم دائرة ـ أي حالة خاصة من القطع الناقص.

(*) القطْع الناقصْ أو الإهليلج هو أحد أنواع القطوع المخروطية، فعند قطع مخروط بمستوى يقطع جميع رواسمه generatri.. نحصل على قطْع ناقص

والآن بعد أن تعرّفنا على القطْع الناقص يمكننا العودة إلى المدفع فائق القوة الذي بحوزتنا. لقد أطلق قذيفة تسير الآن في مدار نفترض أنه مسار دائري تقريبا. ولو أمكننا أن نجعل المدفع أكثر قوة مما سبق، فسينجم عن ذلك أن المدار سيكون قطْعا ناقصا أكثر «امتدادًا» وأقل دائرية. ويسمى هذا مدارًا «غير متحد المركز». وتُحوِّم القذيفة في مسار بعيد عن الأرض، ثم يتحول مسارها وتهبط عائدة. الأرض واحد من «الدبوسين». و«الدبوس» الثاني ليس له وجود مادي ملموس، لكن يمكننا أن نتصوره كدبوس خيالي موجود هناك في الفضاء. ويساعدنا الدبوس الخيالي في جعل الرياضيات قابلة للفهم لدى بعض الناس، لكن مَن يقع في التشوُّش يستطيع تجاهل هذا الأمر. والشيء المهم الواجب التأكد منه أن الأرض ليست في مركز «البيضة». فالمدار يمتد لمسار يبتعد كثيرا عن الأرض من جانب (جانب «الدبوس الخيالي») مقارنة بالجانب الآخر (الجانب الذي فيه الأرض نفسها هي «الدبوس»).

وسنواصل جاعلين المدفع ذا قوة تتزايد باستمرار. وهنا تتخذ القذيفة مسارًا أكثر بعدا بكثير عن الأرض ثم ستنجذب عائدة للوراء فقط لتهبط تجاه الأرض. ويكون القطْع الناقص الآن بالغ الطول وممتدا من الناحية الفعلية. وسنصل إلى نقطة في نهاية المطاف يتوقف المسار عندها عن كونه قطْعا ناقصا على أي نحو: لنطلق القذيفة حتى بسرعة أكبر، والآن ستؤدي تلك السرعة الزائدة بدفع القذيفة لنقطة اللاعودة، حيث لا تتمكن جاذبية الأرض من استرجاعها مجددا. إنها تصل إلى «سرعة الهروب» وتختفي نهائيا (أو حتى تقع في أسْر جاذبية جسم آخر، ولتكن الشمس، مثلا).

يفسر هذا المدفع متزايد القوة جميع المراحل في اتجاه تأسيس أي مدار وفيما وراءه. في البداية تقع القذيفة نهائيًا في البحر. ومن ثمّ، ونحن

نطلق قذائف متتالية بقوى متزايدة، يصبح منحنى مساراتها أفقيا بصورة متزايدة حتى تصل القذيفة إلى السرعة اللازمة ليكون المدار قريبا من الشكل الدائري (لنتذكر أن الدائرة هي حالة خاصة من القطْع الناقص). بعد ذلك، كلما تزايدت سرعة إطلاق القذائف مرة بعد مرة، يصبح المدار لا دائريا أكثر فأكثر، وتزداد استطالته، ليؤول إلى قطْع ناقص بوضوح. في نهاية المطاف، يصير «القطْع الناقص» بالغ الاستطالة إلى حد يتوقف عنده عن كونه قطْعا ناقصا بأي حال: هنا تصل القذيفة إلى سرعة الهروب وتختفي تماما.

بيد أن مدار الأرض حول الشمس هو قطْع ناقص من الناحية التقنية، لكنه قريب لحد كبير من الحالة الخاصة كدائرة. وينطبق الوضع نفسه على كل الكواكب الأخرى فيما عدا كوكب بلوتو (والذي لا يعتبر كوكبا في هذه الأيام بأية حال). وأي مذنَّب، على الجانب الآخر، يسير في مدار يشبه بيضة طويلة جدًّا ورفيعة. فـ «الدبوسان» اللذان استُخدما في رسم قطْعهما الناقص بعيدان بدرجة كبيرة أحدهما عن الآخر.

أحد هذين «الدبوسين» بالنسبة لأيٍّ مذنَّب هو الشمس. ومرة أخرى، فـ «الدبوس الآخر» ليس جسما حقيقيا في الفضاء: وعلينا أن نتخيل ذلك. وعندما يكون أحد المذنَّبات في أبعد نقطة عن الشمس (تسمى «أفيليون aphelion»)، يسير بأقل معدل لديه. ويكون في وضع السقوط الحر طول الوقت، لكن خلال زمن معين يهبط بعيدا عن الشمس، وليس في اتجاهها. وببطء يحوِّل اتجاهه عند أبعد نقطة (الأفيليون)، ومن ثمّ يهبط في اتجاه الشمس، في عملية هبوط تتزايد سرعتها حتى يحوِّم حول الشمس (الدبوس الآخر) ويبلغ أقصى سرعته عندما يكون في أقرب نقطة له من الشمس، التي تسمى البريهيليون perihelion. (تأتي الكلمتان بريهيليون وأفيليون من اسم إله الشمس باليونانية هيليوس Helios، بينما

peri باليونانية تعني قريبا من، وapo تعني بعيدا عن). وينطلق المذنَّب بسرعة فائقة حول الشمس عند البريهيليون، ثم يواصل مساره مبتعدا عنها بسرعة عالية للجانب الآخر من البريهيليون. وبعد إطلاق المذنَّب لنفسه حول الشمس، يفقد سرعته تدريجيا بينما يهبط بعيدا عن الشمس طيلة مساره إلى الأفيليون، حيث تصبح سرعته أدنى ما يمكن؛ ويستمر تكرار هذه الدورة مرات ومرات.

يستخدم المهندسون العاملون في الفضاء شيئا يسمى تأثير النبلة ـ slingshot effect لتحسين اقتصادات الوقود في الصواريخ. ومسبار الفضاء كاسيني Cassini، المصمم للسفر إلى كوكب زحل البعيد، ذهب إلى هناك في ما يشبه رحلة غير مباشِرة، لكنها من الناحية الفعلية كانت مصممة ببراعة لاستغلال تأثير النبلة. وعبر استخدام وقود صواريخ أقل مما يلزم عادة في حالة السفر مباشرة إلى زحل، كان المسبار كاسيني يستعير من قوى الجاذبية والحركة المدارية لثلاثة كواكب في الطريق؛ من كوكب الزهرة (مرتين)، ثم في دورانه عائدا إلى الأرض، وأخيرا من دَفْعة هائلة من المشترى. وفي كل حالة كان يدور حول الكوكب كأنه أحد المذَّنبات، وقد اكتسب سرعته من التحليق في مدارات الجاذبية مثل كوكب يحوم حول الشمس. وهذه التعزيزات الأربعة لتأثير النبلة دفعت المسبار كاسيني صوب منظومة حلقات كوكب زحل وأقماره الـ 62، ومن هناك تمّ إرسال مجموعة صور مذهلة غير مسبوقة.

معظم الكواكب، كما قلت من قبل، تتخذ مدارات حول الشمس في قطوع ناقصة شبه دائرية. بيد أن بلوتو يتسم بالغرابة، ليس فقط لصغره البالغ الذي يحول دون إطلاق اسم الكوكب عليه بأي صورة، لكن أيضا لمداره عديم المركز بشكل واضح. وفي أغلب الأحيان يكون خارج مدار الكوكب نبتون، لكن عند نقطة البيريهيليون ينقضّ إلى الداخل ويصبح

فعليا أقرب للشمس من نبتون، مع مداره الدائري القريب. وحتى مدار بلوتو، مع ذلك، لا يشبه بأي حال في لامركزيته المذنَّب عديم المركز. والمذنَّب هالي Hally، الأكثر شهرة نستطيع رؤيته فقط عندما يكون في أقرب نقطة من الشمس وهو يعكس ضوء الشمس. ويأخذه مداره الذي على شكل القطع الناقص بعيدا، بعيدا جدًّا، ويعود إلى جوارنا فقط كل 75 إلى 76عاما. ولقد شاهدته بنفسي في عام 1968 وأريته آنذاك لطفلتي جولييت، وهمست في أذنها (بالطبع لم تستطع فهم ما كنت أقول، لكنني بصورة يصعب السيطرة عليها همست لها على أية حال) إنني لن أرى هذا مرة ثانية على الإطلاق، وربما تسنح لها فرصة أخرى عندما يعود المذنَّب في عام 2061.

وبالمناسبة، إن «ذيل» المذنب هو خط طويل من الغبار، لكنه لا يندفع خارجا خلف رأس المذنَّب كما قد نظن. بدلا من ذلك، فإنه «ينفجر» بواسطة تيار من الجسيمات الدقيقة قادمة من الشمس، التي نطلق عليها اسم الرياح الشمسية. لذلك فإن ذيل المذنَّب يتجه على الدوام بعيدا عن الشمس، بصرف النظر عن المسار الذي يتخذه المذنَّب. وثمة افتراض مثير، كان مقصورا من قبل على قصص الخيال العلمي لكن أصبح الآن موضع التنفيذ من مهندسي الفضاء اليابانيين، وهو استخدام الرياح الشمسية في دفع سفينة الفضاء المجهزة بـ«عمليات الإبحار» العملاقة. ومثل اليخوت المسافرة في البحار عند استخدامها للرياح الحقيقية، فإن اليخوت الفضائية العاملة بالرياح الشمسية من الناحية النظرية قد تمدّنا بوسيلة اقتصادية للغاية للسفر إلى عوالم بعيدة.

نظرة من جانب واحد إلى الصيف

الآن وبعد أن فهمنا ماهية المدارات يمكننا العودة إلى التساؤل حول

السبب في أن لدينا شتاءً وصيفًا. وبعض الناس، كما سنتذكر، يعتقدون خطأ أن هذا بسبب أننا نكون قريبين من الشمس في الصيف بعيدين عنها في الشتاء. وذلك تفسير جيد لو كان للأرض مدار مثل مدار بلوتو. في حقيقة الأمر أن الشتاء والصيف في بلوتو ـ كلاهما أكثر برودة بكثير من أي حالة تمر بنا ـ يحدثان تماما بتلك الطريقة.

ومع ذلك، فإن مدار الأرض غالبا دائري الشكل، وبالتالي لا يمكن لاقتراب الكوكب من الشمس أن يكون سببًا في تغيير الفصول. والجدير بالذكر، أن الأرض تكون في أقرب نقطة من الشمس فعليا (البريهيليون) في شهر يناير، وفي أبعد نقطة (الأفيليون) في يوليو، لكن المدار المتخذ شكل القطْع الناقص أقرب كثيرا للشكل الدائري يؤدي إلى عدم وجود فارق ملحوظ.

حسنٌ إذن، ما سبب التغيير من الشتاء إلى الصيف؟ ثمة شيء ما مختلف تماما. فالأرض تدور حول محور، وهذا المحور مائل. وهذا الميل هو السبب في الفصول التي لدينا. ولننظر كيف يحدث هذا.

كما قلتُ من قبل، نستطيع أن نفكر في هذا المحور كأنه محور عربة يمر مباشرة خلال الكوكب ويبرز عند القطب الشمالي والقطب الجنوبي. والآن لنفكر في مدار الأرض حول الشمس على أنه عجلة كبيرة جدًّا، يمر بها محورها، وفي هذه المرة يدور المحور خلال الشمس، ويبرز عند «القطب الشمالي» للشمس و«القطب الجنوبي» للشمس. ويمكن لهذين المحورين أن يكونا متوازيين تماما، بحيث لا يكون لدى الأرض أي «ميل» ـ في هذه الحالة تبدو شمس الظهيرة دائما متجهة مباشرة إلى خط الاستواء، ويكون طول الليل والنهار متساويا في أي مكان. ولن تكون هناك فصول. وتظل حرارة خط الاستواء مرتفعة على الدوام، وتزداد

البرودة كلما ابتعدنا عن خط الاستواء في اتجاه أحد القطبين. ويمكنك أن تشعر بالبرودة بالانتقال بعيدا عن خط الاستواء، وليس بانتظار قدوم الشتاء، لأنه لن يكون هناك شتاء يمكن انتظاره. لا صيف، ولا فصول من أي نوع.

في واقع الأمر، رغم هذا، المحوران ليسا متوازيين. فالمحور الذي تدور حوله الأرض في وضع مائل بالنسبة لمحور مدارنا حول الشمس. وهذا الانحراف ليس كبيرا بشكل خاص ـ نحو 23,5 درجة. ولو كان هذا الميل يساوي 90 درجة (الذي يساوي تقريبا ميل الكوكب أورانوس) يواجه القطب الشمالي الشمس مباشرة مرة كل عام (والذي يمكن أن نطلق عليها منتصف صيف الشمال) وابتعدْ عن المواجهة المباشرة للشمس في منتصف شتاء الشمال. لو كانت الأرض مثل كوكب أورانوس، ففي منتصف الصيف ستكون الشمس متعامدة طيلة الوقت على القطب الشمالي (لن يكون ثمة ليل هناك)، في حين ستكون باردة جليدية ومظلمة في القطب الجنوبي، بلا أي نهار. والعكس صحيح في الأشهر الستة الأخرى.

ونظرا لأن كوكبنا من الناحية الفعلية يميل فقط بزاوية تساوي 23,5 درجة وليس 90 درجة، فنحن تقريبا نقع في رُبْع طريق نظام اللا فصول في حدِّه الأقصى، حيث لا انحراف على الإطلاق في اتجاه أورانوس صاحب الانحراف الكلي تقريبا ممثلا للحد الأقصى الآخر. ويكفي هذا ليدل على، كما يحدث فوق أورانوس، أن الشمس لا تغرب مطلقا عن القطب الشمالي للأرض في منتصف الصيف. ويكون النهار مستمرا، لكن بخلاف أورانوس، لا تكون الشمس عمودية. وتبدو كأنها تدور في شكل حلقي حول السماء نظرا لدوران الأرض، لكنها لا تغطس بكاملها فيما وراء الأفق. وهو ما يحدث أيضا في أنحاء الدائرة القطبية. فإذا

وقفت شاخصًا على الدائرة القطبية، لنقل على قمة مرتفعة في شمال غربي أيسلندا، منتصف يوم صيفي، فسوف ترى الشمس تنزلق مسرعة على طول الأفق الشمالي في منتصف الليل، لكنها لا تغرب تماما. ثم تتحرك حلقيا حول أعلى موضع لها (لا تكون بالغة الارتفاع) في منتصف النهار.

وفي شمال أسكتلندا.. البعيدة قليلا عن الدائرة القطبية الشمالية، تغطس الشمس في منتصف الصيف خلف الأفق لزمن يكفي لوجود نوع من الليل لكنه لا يكون ليلا شديد الإظلام، لأن الشمس لا تكون بعيدة بما يكفي في أسفل الأفق.

لذلك، يفسر لنا ميل محور الأرض السبب وجود الشتاء لدينا (عندما يكون جزء الكوكب الذي نوجد عليه مائلا بعيدا عن الشمس) وكذلك الصيف (عندما يكون مائلا في اتجاه الشمس)، والنهار لدينا قصير في الشتاء طويل في الصيف. لكن هل يفسر ذلك سبب البرودة العالية في الشتاء وارتفاع الحرارة الشديد في الصيف؟ لماذا نشعر أن الشمس أكثر سخونة عندما تكون عمودية علينا وليست منخفضة، بالقرب من خط الأفق؟ إنها نفس الشمس، لذلك ألا ينبغي أن تكون حرارتها متساوية بغض النظر عن الزاوية التي نراها بها؟ كلا.

تستطيع أن تنسى حقيقة أننا نصبح أقرب إلى الشمس قليلا عندما نميل في اتجاهها. فذلك فرق متناهي الصغر (فقط عدة آلاف من الأميال) مقارنة بإجمالي البعد عن الشمس (نحو 93 مليون ميل تقريبا)، ولا يزال قابلا للإهمال مقارنة ببعد الشمس عنا عند البريهيليون وبُعدها عنا عند الأفيليون (3 ملايين ميل تقريبا). كلا، فالسبب هنا يعتمد من جانب على الزاوية التي تسقط بها أشعة الشمس علينا، ومن جانب آخر، حقيقة أن النهارات أكثر طولا في الصيف وأقصر في الشتاء. إنها زاوية السقوط التي

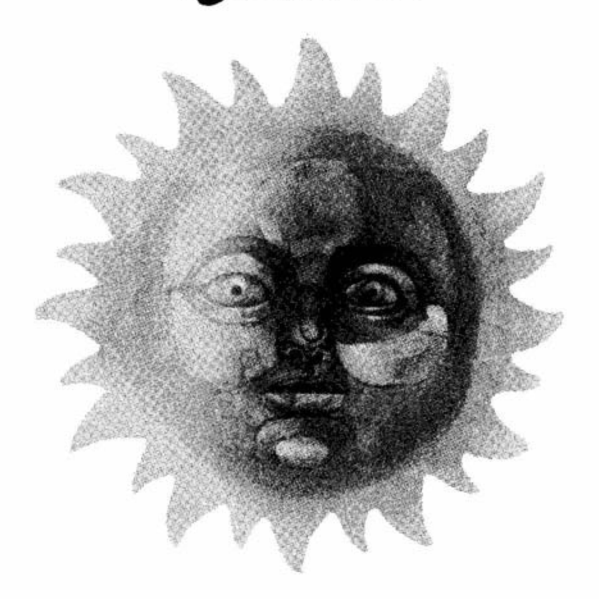
تجعلنا نشعر أن الشمس أكثر سخونة في منتصف النهار، عن فترة ما بعد الظهيرة المتأخرة، وهي تلك الزاوية التي تجعل من الضروري استخدام واقيات الشمس في منتصف النهار وليس في فترة بعد الظهيرة المتأخرة. ونتيجة لهذه الزاوية ومعها طول النهار، تنمو وتزدهر النباتات في الصيف أكثر من الشتاء، مع كل ما ينجم عن ذلك.

لذلك لماذا تصنع هذه الزاوية مثل هذا الفارق؟ نعرض هنا طريقة لتفسير هذا. لتتخيل أنك تأخذ حماما شمسيًا وقت الظهيرة في منتصف الصيف، والشمس عالية وعموديّة. سوف تسقط عدة فوتونات (جسيمات الضوء الدقيقة) على بوصة مربعة معينة من جلدك في منتصف ظهرك بمعدل يمكن حسابه باستخدام مقياس للضوء. والآن لو كنت تأخذ حمام الشمس في ظهيرة يوم شتوي، عندها تكون الشمس منخفضة نسبيًا في السماء بسبب انحراف الأرض، ويصل الضوء إلى الأرض على نحو أضعف وبزاوية أكثر ميلا: لذلك «يتوزع» عدد الفوتونات على مساحة أكبر من الجلد. وهذا يعني أن البوصة المربعة من الجلد تحصل على حصة أقل من الفوتونات المتاحة عن نصيبها الذي حصلت عليه في منتصف الصيف. وما يتحقق بالنسبة للجلد يتحقق أيضا لأوراق النباتات، وهو أمر ذو أهمية في الواقع، لأن النباتات تستخدم الضوء في صناعة غذائها.

الليل والنهار، والشتاء والصيف؛ هذه هي التناغمات التبادلية الكبرى التي تحكم حياتنا، وحيوات جميع الكائنات الحية فيما عدا ربما أولئك الذين يعيشون في الأعماق المظلمة، الباردة للبحار. وهناك فئة من التناغمات الأخرى ليست بذات الأهمية لنا لكن لها ضرورة عظيمة لكائنات أخرى، مثل التي تعيش على شواطئ البحار، هي التناغمات الناجمة عن دوران القمر، وتحدث معظم الوقت من خلال عمليات

المد والجزر. كما كانت دورات القمر موضوعا خصبا للأساطير القديمة والمزعجة ـ عن المتحولين لكلاب ومصاصي الدماء، على سبيل المثال. لكن ينبغي على مضض مني أن أدع هذا الموضوع الآن لأنتقل إلى الشمس نفسها.

الفصل السادس
ما الشمس؟



تتسم الشمس بالإبهار البالغ والتألق، تشيع الراحة في الأجواء الباردة، حارقة بلا شفقة في المناطق الحارة، ولا عجب أن عَبَدها كثير من الناس باعتبارها من الآلهة. وغالبا ما ترافقت معا عبادة الشمس وعبادة القمر، وتكرر اعتبار الناس لهما على أنهما مختلفان في الجنس. وتعتقد قبيلة تيف Tiv في نيجيريا ومناطق أخرى في غرب إفريقيا أن الشمس ابن لإلههم الأكبر أووندو Awondo، وأن القمر ابنته. وتعتقد قبيلة باروتسي Barotse في جنوب شرق إفريقيا أن الشمس زوج القمر وليست أخا له. وغالبا ما تتعامل الأساطير مع الشمس على أنها ذكر والقمر أنثى، لكن قد يختلف الوضع في مناطق أخرى. وفي ديانة الشنتو Shinto اليابانية تصبح الشمس هي الإلاهة أماتيراسو Amaterasu والقمر شقيقها أوجيتسونو Ogetsuno.

وكانت تلك الحضارات العظيمة التي ازدهرت في جنوب ووسط أمريكا قبل وصول الإسبان في القرن السادس عشر تعبد الشمس. وكانت قبائل الإنكا Inca في الإنديز تعتقد أن الشمس والقمر أسلافهما. وتشاركت قبائل الأزتك Aztecs المكسيكية في الكثير من آلهتها مع الحضارات الأقدم في المنطقة، مثل المايا Maya. والعديد من هذه الآلهة كان على صلة بالشمس، وفي بعض الحالات كان الإله هو الشمس ذاتها. وترى أسطورة الأزتك الخاصة بـ «الشموس الخمسة» أنه كانت هناك أربعة عوالم سابقة على عالمنا الحالي، وكل واحد منها له شمسه

الخاصة. وقد تحطمت تلك العوالم الأربعة القديمة، واحدا بعد الآخر، من خلال أحداث كارثية، كانت غالبا من صنع الآلهة. وكانت الشمس الأولى هي الإله المسمى تزكاتليبوكا الأسود Black Tezcatlipoca؛ ودارت حرب بينه وبين أخيه؛ كويتز الكوتل Quetzalcoatl، الذي طرده من السماء بضربة من عصاه. وبعد فترة من الظلام، بلا شمس، أصبح كويتزالكوتل الشمس الثانية. ولغضبه، قام تزكاتليبوكا بتحويل جميع البشر إلى قردة، وحينئذ تخلّص كويتزالكوتل من جميع القردة، ثمّ استقال من وضعه كشمس ثانية.

ومن ثم أصبح الإله تلالوك Tlaloc الشمس الثالثة. واستبدّ به الغضب ما أن سطا تزكاتليبوكا على زوجته إكسوشيكوتزال Xochiqutzal، انطوى على نفسه ورفض السماح بسقوط المطر، وبالتالي شاع جفاف مريع. توسل الناس من أجل المطر، وطفح الكيل بـ تلالوك من توسلاتهم فأرسل عليهم مطرا من النار بدلا من ذلك. وأحرقت هذه النار العالم، واضطر الآلهة لبدء كلّ شيء من جديد.

أما الشمس الرابعة فكانت زوجة تلالوك الجديدة شالشويتليكيو Chalchiuhtlicue. وبدأت بداية جيدة، لكن بعدئذ تسبب لها تزكاتليبوكا في متاعب هائلة حتى إنها ظلت تذرف دموعا من الدم طيلة 52 عاما بلا توقف. وأدّى هذا لإغراق العالم بأكمله، ومن جديد اضطر الآلهة للبدء من اللحظة الأولى. ألا يثير الاستغراب، بالمناسبة، هذه الطريقة الدقيقة التي تحدد بها هذه الأساطير تلك التفاصيل؟ كيف يقرر الأزتك أنها ظلت تنتحب لمدة 52 عاما وليس 51 أو 53 عاما؟

والشمس الخامسة التي كان يؤمن بها الأزتك هي الشمس الحالية التي لا نزال نراها في السماء، وكانت هي الإله توناتيوه Tonatiuh، وأحيانا يعرف باسم هويتزيلوبوشتلي Huitzilopochtli. وولدته أمه كوتليكو

بعد تخصيبها مصادفة بحزمة من الريش. وربما يبدو هذا أمرًا غريبًا، لكن مثل هذه الأشياء ربما تكون طبيعية تماما لدى أناس تربّوا على الأساطير التقليدية (وهناك آلهة أزتيكية أخرى حملت بعد تخصيبها من فرع نبات الـ gourd، وهو الجلد الجاف من ثمرة مثل قرع العسل). وثار غضب بالغ بين أبناء كوتليكو البالغ عددهم 400 ولد عقب اكتشافهم حمل أمهم مرة أخرى حتى إنهم حاولوا قطع رأسها. ومع ذلك، في الوقت المناسب وضعت وليدها هويتزيلوبوشتلي. وقد وُلد مسلحا بكامل العتاد ولم يضيع وقتا فمضى يقتل جميع إخوته الـ 400 غير الأشقاء، فيما عدا عددًا قليلا لاذوا بالفرار إلى الجنوب. واستأنف هويتزيلوبوشتلي حينئذ مهامه باعتباره الشمس الخامسة.

كانت قبائل الأزتك تعتقد أنه يتعين عليهم تقديم ضحايا من بني الإنسان استرضاء للشمس الإله، وإلا لن تبرز من الشرق كل صباح، ومن الواضح أنه لم يحدث قط أن حاولوا تجربة ألّا يقدموا هذه الأضحيات، ليروا إن كانت الشمس، كمجرد احتمال، ستشرق أم لا. وهذه القرابين ذاتها كانت عملية مرعبة. وبنهاية أوج الأزتك، عندما وصل الإسبان - جالبين معهم وسائل رعبهم الخاصة - تصاعدت عبادة الشمس إلى ذروة ممتزجة بالدم. وتشير التقديرات أنه تمّ التضحية بما بين 20 و80 ألف إنسان كقرابين للمعبد الكبير لـ تينوشيتيتلان Tenochititlan عام 1487. وكان يمكن تقديم هدايا متنوعة لاسترضاء الإله الشمس، لكن ما كان يلقى هوى لديه في الواقع هو دم البشر، وقلوبهم التي ما تزال تنبض. وأحد الدوافع الأساسية للحروب كان تجميع عدد كبير من أسرى الحرب كي يمكن تقديمهم كقرابين، عادة من خلال الحصول على قلوبهم المنتزعة. وفي المعتاد تقام الاحتفالات على أرض مرتفعة (لتكون أقرب للشمس)، مثلا على قمة واحد من الأهرامات الضخمة، التي ذاع صيتها لدى قبائل الأزتك والمايا والإنكا.

كان أربعة قساوسة يمسكون بالضحية فوق المذبح، بينما قس خامس يمسك بالسكين. ويمارس عمله بأسرع ما يمكن لينتزع القلب وهو مستمر في دقاته عند تقديمه للشمس. وفي الوقت نفسه يتمّ دحرجة الجثمان على منحدرات التل أو الهرم حتى القاع، ليتلقفه الناس الأكبر سنا ويفصلون أجزاءه، غالبا ليقدم كطعام في وجبات شعائرية.

كما أننا نضم الأهرامات مع حضارة قديمة أخرى، وهي الحضارة المصرية. فالمصريون القدماء أيضا، كانوا ممن عبدوا الشمس. وأحد أكبر آلهتهم هو إله الشمس رع.

وثمة أسطورة مصرية قديمة كانت تعتبر أن منحنى السماء بمثابة جسد الإلهة نوت Nut، التي تتقوس فوق الأرض. وفي كل ليلة كانت الآلهة تبتلع الشمس، وفي الصباح التالي تلدها من جديد.

ولدى كثير من الشعوب، من بينهم اليونانيون القدماء والإسكندنافيون، أساطير حول أن الشمس مركبة حربية تجري عبر السماء. وكان إله الشمس اليوناني يسمى هيليوس Helios، والذي أعطى اسمه للعديد من التعبيرات العلمية المرتبطة بالشمس، كما رأينا في الفصل الخامس.

وفي معتقدات أخرى، لم تكن الشمس إلها لكنها كانت من المخلوقات الأولى للإله. وفي أسطورة الخلق لدى قبائل اليهود في صحراء الشرق الأوسط، خلق الإله YHWH الضوء في اليوم الأول من أيامه الستة لعملية الخلق-لكن حينئذ، كان من الغريب، أنه لم يخلق الشمس حتى اليوم الرابع! «فَعَمِلَ اللهُ النُّورَيْنِ الْعَظِيمَيْنِ: النُّورَ الأَكْبَرَ لِحُكْمِ النَّهَارِ، وَالنُّورَ الأَصْغَرَ لِحُكْمِ اللَّيْلِ، وَالنُّجُومَ.»(*). فمن أين كان يأتي النور في اليوم الأول، قبل وجود الشمس والنجوم، لم يخبرنا بذلك أحد.

(*) سفر التكوين، الإصحاح الأول: 16.

حان الوقت لنتحول إلى الواقع، وإلى الطبيعة الحقيقية للشمس، التي تنسجم مع الدلائل العلمية.

ما هي حقيقة الشمس؟

الشمس واحدة من النجوم، ولا اختلاف بينها وبين العدد الهائل من النجوم الأخرى، فيما عدا أنه تصادف أن نكون قريبين منها حتى تبدو لنا أكبر حجما وأكثر تألقا من باقي النجوم. ولنفس السبب، فالشمس ـ بخلاف أي نجم آخر ـ تُشعرنا بالحرارة، وتُعمي أبصارنا إذا نظرنا لها مباشرة، وتحرق جلودنا بلون أحمر لو مكثنا بالخارج لفترة طويلة جدًّا. وهي ليست قريبة منّا على نحو محدود مقارنة بأي نجم آخر، إنها أقرب إلينا بشكل كبير. ومن الصعوبة إدراك مقدار بُعد النجوم عنّا، ومدى حجم الفضاء. ومن الناحية الفعلية، فهو أمر يتجاوز الصعوبة، إنه مستحيل تقريبًا. وهناك كتاب جيد عنوانه «Earthsearch» تأليف جون كاسيدي John Cassidy، يقدم محاولة لفهم الشمس، مستخدما نموذجا للقياس:

اذهب إلى حقل كبير ومعك كرة قدم وثبّتها بقوة لتمثل الشمس.

حينئذ عليك أن تقطع 25 مترا قبل أن تقف وتضع حبة فلفل تمثل بها حجم الأرض وبُعدها عن الشمس.

وسيكون القمر، بنفس المقياس، مجرد سن قلم على مسافة 5 سنتيمترات من حبة الفلفل.

لكن بروكسيما سنتوري Proxima Centauri أقرب نجم لنا، وبنفس المقياس، سيكون كرة قدم أخرى (أصغر قليلا) توضع على بعد نحو... انتظر... ستة آلاف ونصف الألف من الكيلومترات!

وربما توجد أو لا توجد كواكب تدور حول بروكسيما سنتوري، لكن هناك بالتأكيد كواكب تدور حول نجوم أخرى، ربما أغلب النجوم. والمسافة بين كل نجم وكواكبه عادة ما تكون صغيرة مقارنة بالمسافة بين النجوم ذاتها.

كيف تعمل النجوم

الفرق بين النجم (مثل الشمس)، والكوكب (مثل المريخ أو المشترى) هو أن النجوم مضيئة وساخنة، ونحن نراها من خلال ضوئها، بينما الكواكب باردة نسبيًّا ونراها فقط من خلال الضوء المنعكس عنها من نجم قريب تدور في فلكه. وهذا الفرق، بدوره، ينجم عن الفرق في الحجم. وهنا نعرض كيف يكون ذلك.

كلما زاد حجم الجسم، زادت قوة جاذبيته في اتجاه المركز. وكل الأجسام تجذب بعضها بعضًا عن طريق قوى الجذب. حتى أنا وأنت نبذل قوى جاذبية أحدنا على الآخر. لكن هذه القوى بالغة الضعف إلى حد يتعذر ملاحظتها إلا إذا كان أحد الجسمين المعنييْن على الأقل كبير الحجم. والأرض كبيرة الحجم، لذلك نشعر بقوة جذب كبيرة تجاهها، وعندما نُسْقط شيئا فإنه يهبط إلى «أسفل» ـ بمعنى، في اتجاه مركز الأرض.

والنجم أكبر حجما بكثير من أي كوكب مثل الأرض، لذا تفوق قوة جذبه كثيرا القوة الجاذبة للأرض. ومنتصف أي نجم كبير يقع تحت ضغط هائل لأن قوة الجاذبية المهولة تجذب كل ما في النجم في اتجاه المركز. وكلما تزايد الضغط داخل النجم تزايدت درجة حرارته. وبازدياد هذه الحرارة في الواقع ـ أكثر ارتفاعا مما تستطيع أنت أو أنا تخيّله ـ يبدأ النجم في السلوك كما لو كان نوعا من قنبلة هيدروجينية تعمل ببطء، تنجم عنها مقادير هائلة من الحرارة والضوء، ونراها تومض بتألق في السماء

ليلا. وتميل الحرارة المتكثفة لجعل النجم ينتفخ ويتضخم كبالونة، لكن في الوقت نفسه تعمل قوة الجاذبية على إعادته لوضعه الطبيعي من جديد. وثمة توازن بين اندفاع الحرارة للخارج وقوى الجاذبية للداخل. ويسلك النجم وفق جهاز الثرموستات (منظم درجة الحرارة) الداخلي له. فكلما زادت الحرارة يزداد تضخمه، وكلما زاد حجما قلت كتلة المادة المتركزة في المركز، لذلك تنخفض الحرارة قليلا. وهذا يعني أنه يبدأ في الانكماش مرة أخرى، وهلمّ جرا. ويعطي ذلك انطباعا كما لو أن النجم يهتز للداخل وإلى الخارج مثل قلب يدق، لكنه ليس كذلك. بل إنه يستقر على حجم متوسط، يحافظ على النجم تماما في درجة الحرارة المناسبة ليستمر على حالته.

لقد بدأت بالقول إن الشمس مجرد نجم مثل كثير من النجوم، لكن في الواقع ثمة أنواع متباينة هائلة من النجوم تتدرج في مدى كبير من الأحجام. وشمسنا ليست كبيرة الحجم جدًّا، شأن باقي النجوم، إنها أكبر قليلا من النجم بروكسيما سنتوري Proxima Centauri، لكنها أصغر كثيرا من عدد هائل من النجوم.

ما هو أكبر نجم نعرفه؟ يعتمد ذلك على طريقة قياسك له. والنجم صاحب أكبر قياس يُسمى ڤي واي كانيس ماجوريس VY Canis Majoris. ويبلغ قطره (المسافة بين طرفيه) ألفي ضعف قطر الشمس. وقطر الشمس يعادل مائة ضعف قطر الأرض. ومع ذلك، بالرغم من حجمه البالغ، فإنه شديد الهشاشة والخفة، فكتلته لا تزيد على كتلة الشمس إلا بـ 30 ضعفا، وليس ببلايين المرات كما هو متوقع لو كانت المادة الداخلة في تركيبه متعادلة الكثافة. والنجوم الأخرى، مثل النجم بستول Pistol والنجوم الأحدث اكتشافا مثل إيتا كارينا Eta Carinae و R136a1 (اسمه ليس جذابا جدًّا!) تعادل كتلتها مائة ضعف كتلة الشمس،

أو حتى أكثر. كما أن كتلة الشمس تزيد على كتلة الأرض بـ 300,000 مرة، بما يعني أن كتلة إيتا كارينا تساوي 30 مليون مرّة كتلة الأرض.

إذا كان لدى نجم عملاق مثل R136a1 كواكب، فلابد أنها ستكون سحيقة البعد جدًّا عنه، وإلا لتعرضت للحريق على الفور وتبخرتْ. فقوى الجاذبية الناتجة عنه ستكون هائلة (بسبب كتلته المهولة) حتى إن كواكبه في واقع الأمر ينبغي أن تظل على مسافات شاسعة جدًّا منه مستقرة في أفلاك تدور حوله. وفي حالة وجود كوكب كهذا، وكان ثمة شخص يعيش على سطحه، لبدا حجم ذلك النجم بالنسبة له في حجم الشمس بالنسبة لنا، لأنه رغم تزايد حجمه مقارنة بالشمس، فإن بُعده عن النجم أكبر كثيرا - فقط المسافة المناسبة منه، في الواقع، وكذلك الحجم الظاهر المناسب لاستمرار الحياة، وإلا لانعدمت الحياة هناك!

قصة حياة نجم

من الناحية الفعلية، مع ذلك، من غير المحتمل وجود أي كواكب تدور في فلك النجم R136a1، بصرف النظر عن وجود حياة عليها. والسبب أن النجوم مفرطة الحجم تكون قصيرة العمر جدًّا. ويبلغ عمر هذا النجم نحو مليون سنة، وهو أقل من جزء من الألف من عمر الشمس حتى الآن: وهو وقت غير كافٍ لتطوير حياة.

والشمس نجم صغير، يغلب عليه طابع نجوم «التيار العام» أي نوع النجوم التي تدوم حياتها بلايين السنين (وليس مجرد ملايين السنين)، وخلالها تستمر عبر سلسلة من المراحل الناتجة إحداها من الأخرى، وليست مثل طفل ينمو ثم يصير بالغا، ويمر بمنتصف العمر، ليصبح كهلا ويموت في نهاية المطاف. ونجوم التيار العام في معظمها تتكوّن من الهيدروجين، أبسط العناصر جميعا. و«الفعل البطيء للقنبلة

الهيدروجينية» في داخل النجم يقوم بتحويل الهيدروجين إلى الهيليوم، ثاني أبسط العناصر (عنصر آخر نال اسمه من اسم إله الشمس اليوناني هيليوس Helios)، مطلِقا قدرا كبيرا من الطاقة في صورة حرارة، وضوء وأنواع أخرى من الإشعاع. وأنت تتذكر أننا قلنا إنّ حجم أي نجم هو نتيجة توازن بين قوة دفع الحرارة للخارج وقوة شد الجاذبية للداخل؟ حسنٌ، وهذا التوازن يستمر تقريبا على وضعه، محافظًا على النجم ليتحلل ببطء لعدة بلايين من السنين، حتى يبدأ الوقود في النفاد. وما يحدث عادة حينئذ أن النجم ينطوي على نفسه تحت تأثير قوة الجاذبية اللا محدودة ـ عند تلك النقطة تنطلق كل حمم الجحيم (إذا كان من الممكن تخيل وجود شيء أكثر جحيما من قلب النجم نفسه).

وقصة حياة أي نجم تبلغ من الطول حدًّا يتعذر فيه على علماء الفلك أن يشاهدوا إلا لمحة خاطفة منها. ولحسن الحظ، وهم يمسحون السماوات فوتوغرافيًا بتليسكوباتهم، يستطيع علماء الفلك أن يكتشفوا مدىً من النجوم، كل واحد منها في مرحلة معينة من تطوّره: البعض في «مرحلة الطفولة» وقد تصادف أنها في طور التكوين من سحب غازية وسحب الغبار، شأن شمسنا منذ أربعة بلايين ونصف البليون من العام؛ وعدد وافر من النجوم في «منتصف العمر» مثل شمسنا؛ ونجوم أخرى متقدمة في العمر تعاني سكرات الموت، والتي تقدم نبوءة بما سيحدث لشمسنا بعد عدة بلايين من السنين. وقد أسس علماء الفلك «حديقة حيوان» ثرية للنجوم، من مختلف الأحجام والمراحل في دورات حياتها. وكل عضو في هذه «الحديقة» يبين ما اعتاد الآخرون أن يكونوا عليه من أحوال، أو ما سيكونون عليه من حال.

وفي نهاية المطاف فأي نجم عادي من نوعية شمسنا ينفد منه

الهيدروجين، وحسب الوصف الذي قدمتُه في التوّ «تحرق» النجوم الهيليوم بدلا منه (وضعت ذلك بين علامتي تنصيص لأنها ليست عملية حرق فعليا لكنها تفعل شيئا ما أكثر سخونة). عند هذه المرحلة يسمى «عملاق أحمر». وسوف تصبح الشمس عملاقا أحمر بعد نحو خمسة بلايين سنة، بما يعني أنها الآن في فترة منتصف العمر. وقبل ذلك بوقت طويل سيصبح كوكبنا الهزيل البائس بالغ السخونة إلى حد يتعذر العيش عليه. وخلال بليوني سنة ستزداد درجة حرارة الشمس بنسبة 15 في المائة عما هي عليه الآن، ومعنى ذلك أن الأرض ستصبح مثل كوكب الزهرة حاليًا. ولا يستطيع أي كائن العيش على الزهرة: فدرجة الحرارة هناك تزيد على 400 درجة مئوية. غير أن بليوني سنة فترة زمنية بالغة الطول، وغالبا ما سينقرض البشر بالتأكيد قبلها بزمن طويل، وبالتالي لن يكون هناك إنسان ليتلظى في اللهيب. أو ربما تكون أدواتنا التكنولوجية قد حققت تقدما إلى حد يتيح لنا نقل الأرض إلى مدار أكثر ملاءمة. وفيما بعد، ما أن ينفد الهيليوم أيضا، غالبا ما ستختفي الشمس في سحابة من الغبار والنفايات، وقد خلّفت قلبا ضئيلا يُسمى القزم الأبيض، الذي سيبرد ويتلاشى.

السوبرنوفا وغبار النجوم

وختام القصة مختلِف للنجوم الأكبر حجما بكثير من شمسنا والأكثر سخونة منها، شأن النجوم العملاقة التي كنّا نتحدث عنها. هذه المخلوقات المرعبة «تحترق» من خلال الهيدروجين الذي تملكه بمعدل أسرع كثيرا، و«قنبلتها الهيدروجينية» أفران نووية تمضي لمدى أبعد من مجرد جعل نويّات الهيدروجين تتصادم معًا لإنتاج نوّيات الهيليوم. فالأفران شديدة السخونة للنجوم الكبيرة تُواصل جعل نويّات الهيليوم تتصادم معا لإنتاج حتى عناصر أثقل، وهكذا، إلى أن تصل إلى حد إنتاج مدى واسع من

الذرات الثقيلة. ومن بين هذه العناصر الثقيلة: الكربون، الأكسيجين، النيتروجين والحديد (لكن حتى الآن لا يوجد ما هو أثقل من الحديد): تلك العناصر الموجودة بوفرة على الأرض، وفي أجسامنا جميعا. وبعد فترة قصيرة نسبيًّا، يكون نجم كبير جدًّا من هذه النوعية قد دمر نفسه من خلال انفجار هائل يُسمى السوبرنوفا، وفي مثل هذه الانفجارات بالتحديد تتكون العناصر الأثقل من الحديد.

ماذا سيحدث لو أن النجم إيتا كارينا انفجر في صورة سوبرنوفا غدا؟ سيكون ذلك أصل جميع الانفجارات. لكن لا تقلق: فلن نعرف شيئا عن هذا الأمر قبل 8,000 سنة، وهو الزمن الذي يقضيه الضوء ليقطع هذه المسافة الشاسعة بين إيتا كارينا وبين الأرض (ولا يوجد ما هو أسرع من الضوء). وماذا، إذن، لو كان إيتا كارينا قد انفجر منذ 8,000 سنة؟ حسنٌ، في تلك الحالة يمكن أن يصل إلينا الضوء وغيره من الإشعاعات الناجمة عن الانفجار في أي يوم من الوقت الحالي. وفي اللحظة التي نشاهدها فيها، سنعرف أن إيتا كارينا قد انفجر قبل 8,000 عام. ولم يُشاهَد سوى نحو 20 سوبرنوفا في التاريخ المدوَّن. وقد شاهد العالِم الألماني الكبير جوهانز كبلر Johannes Kepler واحدا منها في 9 أكتوبر عام 1604: وتمددت النفايات منذ ذلك الحين. ولا بد أن الانفجار نفسه قد حدث فعليا قبل نحو 20,000 سنة، تقريبا في الوقت الذي اندثر فيه إنسان الكهوف (النياندرتالي) Neandrathal.

والسوبرنوفا ـ بخلاف النجوم المعتادة ـ تستطيع إنتاج حتى عناصر أثقل من الحديد: الرصاص، واليورانيوم على سبيل المثال. وقد نتج عن انفجار جبّار لسوبرنوفا بعثرة جميع العناصر التي كوَّنها النجم، ومن بعده السوبرنوفا، وتشمل العناصر اللازمة للحياة، إلى مسافة بعيدة وعلى رقعة واسعة في الفضاء. وفي النهاية، فإن سحب الغبار، الغنية بالعناصر الثقيلة،

سوف تبدأ الدورة مجددا، بعد أن تتكثف لتشكِّل نجوما جديدة وكواكب. وذلك هو الموضع الذي أتت منه المادة إلى كوكبنا، كما أنه سبب احتواء كوكبنا على العناصر اللازمة لتكويننا، الكربون، النيتروجين والأكسيجين وهكذا: فقد جاءت من الغبار الذي تبقى من سوبرنوفا سحيقة في الزمن تأجج وميضها في الكون. وذلك هو أصل التعبير الشعري «نحن غبار النجوم». وهو صحيح حرفيًا. فمن دون انفجارات سوبرنوفا تمّت بالمصادفة ـ وهي مصادفة نادرة الحدوث جدًا ـ لم تكن لتوجد العناصر الضرورية للحياة.

لندور وندور

إنه لأمر حقيقي لا نستطيع تجاهله أن الأرض وجميع كواكب المجموعة الشمسية الأخرى تدور حول نجمها في نفس «المستوى». ماذا يعني ذلك؟ من الناحية النظرية، يمكنك أن تفكر أن مدار كوكب معين قد تمّ إمالته بأي زاوية على كل مدار آخر. لكن ليست تلك هي الطريقة التي تحدث بها الأمور. إذ هي كما لو أن هناك قرصا مستويا غير مرئي في السماء، تتخذ الشمس موضعها في مركزه، وجميع الكواكب تتحرك على ذلك القرص، فقط على مسافات مختلفة من المركز. زد على هذا، جميع الكواكب تدور حول الشمس في نفس الاتجاه.

لماذا؟ ربما كان السبب هو الطريقة التي بدأت بها. دعونا نتناول اتجاه الحركة الدورانية في البداية. لقد بدأت المجموعة الشمسية بكاملها، التي تعني الشمس والكواكب، بوصفها سحابة من الغاز والغبار في حركة دورانية بطيئة، بقايا انفجار سوبرنوفا. وغالبا مثل كل الأجسام التي تطفو حرة الحركة في الكون، كانت السحابة تتخذ حركة دورانية حول محورها. وبالطبع، حسب تخمينك: كان اتجاه حركتها الدورانية هو نفس

اتجاه دوران الكواكب الحادث حاليا حول الشمس.

والآن، لماذا توجد جميع الكواكب «ذات المستوى الواحد» على ذلك «القرص» المستوِي؟ نتيجة أسباب تجاذبية معقدة لا أرغب أن أخوض فيها، لكن يفهمها العلماء جيدًا، تميل سحابة ضخمة من الغبار والغاز في الفضاء الخارجي ـ تنتقل في حركة دورانية ـ لتشكيل نفسها في هيئة قرص دوّار، وقد تراكمت في صورة كتلة كبيرة في المنتصف. وذلك ما يبدو أنه قد حدث بالنسبة لمجموعتنا الشمسية. فالغبار والغاز والقطع المادية الصغيرة لا تبقى على شكل غازات وغبار. إذ تمارس قوى التجاذب تأثيرها عليها لتدفعها في اتجاه جاراتها، بالطريقة التي سبق وشرحتها من قبل في هذا الفصل. وتنضم قواها مع تلك الجارات لتشكل كتلا مادية أكبر حجما. وكلما زاد حجم تلك الكتل زاد تأثيرها التجاذبي. وبالتالي، ما حدث في قرصنا الدوّار أن القطع الكبيرة استمرت في التزايد، بينما هي تبتلع جاراتها الأصغر.

وفي نهاية المطاف أصبحت الكتلة الأكبر هي الشمس في المركز. بينما الكتل الأخرى، البالغة درجة من الكبر تستطيع معها جذب كتل أخرى إليها والبعيدة بما يكفي عن الشمس إلى حد يعوق ابتلاعها من الشمس، صارت هي الكواكب. ولو قرأنا أسماءها ابتداء من أقربها للشمس، نطلق نحن عليها الآن: عطارد، الزهرة، الأرض، المريخ، المشترى، زحل، أورانوس ونبتون. وكانت القوائم القديمة تضع بلوتو بعد نبتون، لكن في هذه الأيام تمّ استبعاده من بين الكواكب لأنه بالغ الصغر.

الكويكبات(*) والنيازك

في ظل ظروف متباينة أمكن تكوين كوكب آخر أيضا، بين مداري المريخ والمشترى. لكن القطع الصغيرة التي استطاعت أن تتجمع معا على نحو ما لتشكل هذا الكوكب الإضافي قد أعيقت عن هذا، ربما للوجود التجاذبي المطوِّق للمشترى، وقد بقيت في صورة حلقة دوّارة من الفضلات تسمى حزام الكويكبات. وتتحرك هذه الكويكبات ضمن حلقة بين كوكبي المريخ والمشترى، حيث يمكن لكوكب إضافي أن يتشكل هناك إذا ما نجحت الكويكبات في الالتحام معا. وتوجد الحلقات الشهيرة حول كوكب زحل في مكانها لسبب مماثل. إذ يمكنها أن تتكثف معًا لتصنع قمرا آخر (حول زحل حاليا يوجد 62 قمرا، لذلك قد يصبح هذا هو القمر الثالث والستين)، لكنها فعليًّا لا تزال منفصلة في صورة حلقة من الصخور والغبار. وفي حزام الكويكبات ـ المكافئ الشمسي لحلقات المشترى ـ بعض هذه القطع كبيرة الحجم بما يكفي لتسميتها «كويكب» (نوع لا ينطبق عليه تماما اسم الكوكب). ويطلق على أكبرها اسم سيريز، ويبلغ اتساعه 1,000 كيلومتر، ولحجمه الكبير نسبيًّا يتخذ شكلا كرويًّا تقريبا مثل الكواكب، لكن معظمه صخور غير منتظمة الشكل وقطع ترابية. وتتصادم مع بعضها بعضًا من حين إلى آخر، مثل كرات البلياردو، وفي بعض الأحيان يتعرض بعضها للطرد من حزام الكويكبات وبالتالي قد يصل إلى مسافة قريبة من كوكب آخر مثل الأرض. ونحن نشاهدها، مرات كثيرة، وهي تحترق في طبقات الجو العليا في صورة «نيازك» أو «شهب».

والأقل شيوعا، أن يكون الشهاب كبير الحجم بدرجة تتيح له أن يبقى

(*) هي عبارة عن مواد كونيّة صلبة تبدو بهيئة الكواكب الصغيرة جدًّا، والمتعذر رؤيتها بالعين المجردة على سطح الأرض.

على حالته خلال محنة النفاذ من الغلاف الجوي وبالتأكيد سيكون هبوطه على سطح الأرض عملية تصادمية. ففي 9 أكتوبر عام 1992، تحطم شهاب في الجو واصطدمت قطعة منه في حجم قالب كبير من الطوب بسيارة في بيكسكيل، بولاية نيويورك. وقد انفجر شهاب أكبر من هذا كثيرا، في حجم منزل، فوق سيبيريا في 30 يونيو عام 1908، وتسبب في اشتعال النيران بالغابات على مساحات كبيرة.

ولدى العلماء الآن أدلة على أن شهابا كبير الحجم قد سقط على يوكاتان، التي هي حاليا الوسط الأمريكي، قبل 65 مليون سنة، متسببا في كارثة على مستوى الكوكب، التي ربما أدّت إلى قتل الديناصورات. وتشير التقديرات إلى أن حجم طاقة التفجير الناجم عن هذا التصادم الكارثي على يوكاتان يزيد بمئات المرات عن طاقة تفجير الأسلحة النووية في أنحاء العالم مجتمعة حال إطلاقها في نفس الوقت. ولربما أسفر عن زلازل أرضية مدمرة، وسلاسل من الرياح العاصفة، وحرائق غابات ممتدة في أرجاء العالم، وسحابة كثيفة من الغبار والدخان أدّت لشيوع الظلام على سطح الأرض لسنوات.

وقد يكون ذلك سببا في موت النباتات، التي هي بحاجة لضوء الشمس، وموت الحيوانات، التي تقتات على النباتات. وليس من العجيب موت الديناصورات، بل بقاء أسلافنا من الثدييات على قيد الحياة. فلربما أن جماعة صغيرة العدد ظلت حية من خلال عملية بيات شتوي تحت الأرض.

نور حياتنا

أريد أن أنهي هذا الفصل بالحديث عن أهمية الشمس للحياة. ونحن لا نعرف إن كانت هناك حياة أخرى في موضع آخر من الكون (سأناقش

هذه المسألة في فصل تالٍ)، لكننا نعلم أنه لو كان ثمة حياة بعيدة عنّا، فغالبا ما ستكون بالتأكيد قريبة من أحد النجوم. كما يمكننا القول إنه لو كان هناك شيء ما مماثل لنوع حياتنا، على الأقل، فمن المحتمل أن يكون على كوكب يبعد مسافة ظاهرية من نجمه مساوية تقريبا لبعدنا عن الشمس. وأنا أقصد من تعبير «المسافة الظاهرية» تلك المسافة المدرَكة بواسطة نمط الحياة نفسه. والمسافة المطلقة قد تكون أكبر من هذا كثيرا، كما رأينا في مثال النجم العملاق الفائق R136a1. لكن لو كانت المسافة الظاهرية هي نفسها، لبدا لهم نجمهم بنفس الحجم الذي عليه شمسنا، وهو ما يعني أن مقدار الحرارة والضوء الساقط عليهم سيكون مساويا تقريبا لما نستقبله نحن.

لماذا ينبغي على الحياة أن توجد قريبا من أحد النجوم؟ لأن كل أشكال الحياة بحاجة إلى الطاقة، والمصدر الواضح للطاقة هو ضوء النجوم. وعلى الأرض، تجمع النباتات ضوء الشمس وتجعل طاقته متاحة لكل الكائنات الحية الأخرى. ويمكن القول إن النباتات تحصل على غذائها من ضوء الشمس. وهي تحتاج إلى أشياء أخرى أيضا، مثل ثاني أكسيد الكربون من الهواء، والماء والمعادن من التربة. لكنها تحصل على الطاقة اللازمة لها من ضوء الشمس، وتستخدمها في صناعة المواد السكرية، التي هي نوع من الوقود الضروري لصنع كل شيء آخر تحتاج إليه.

وأنت لا تستطيع تكوين السكر دون طاقة. وبمجرد حصولك على السكر، تستطيع حينئذ «إحراقه» للحصول على الطاقة مجددا ـ رغم أنك لا تستعيد الطاقة بكاملها مرة أخرى على الإطلاق؛ فدائما ما يضيع جزء منها أثناء هذه العملية. وعندما نقول «إحراق» لا يعني ذلك أنها تنطلق في صورة دخان. وعملية الحرق بالمعنى الحرفي وسيلة لتحرير الطاقة في

شكل وقود. وثمة وسائل أخرى أكثر إحكاما لتحرير الطاقة، في صورة بطيئة ومفيدة.

ويمكنك التفكير في ورقة النبات الخضراء باعتبارها مصنعا ذا سقف منخفض ممتد وسقفه المنبسط بكامله هو لوح شمسي هائل، يقتنص ضوء الشمس ويستخدمه في قيادة عجلات خطوط التجميع الموجودة تحت السقف. وذلك هو سبب كوّن الأوراق منبسطة ورقيقة السمْك ـ لتتيح مساحة سطحية كبيرة يسقط عليها ضوء الشمس. والنواتج النهائية للمصنع هي السكر من كافة الأنواع. والتي تمر حينئذ خلال عروق الورقة إلى باقي أجزاء النبات، حيث تستخدم في صناعة أشياء أخرى؛ مثل النشا، وهو أكثر ملاءمة من السكر في تخزين الطاقة. وفي آخر المطاف، تنطلق الطاقة من النشا أو السكر لتكوين جميع أجزاء النبات الأخرى.

وعندما تُؤكل النباتات بواسطة آكلات العشب (أي التي تتغذى على النباتات فقط)، مثل الظباء والأرانب، تمر الطاقة إلى آكلات العشب ـ ومرة أخرى، يُفقد بعضها خلال هذه العملية. وتستخدمها آكلات العشب في بناء أجسامها وكوقود لعضلاتها وهي تمضي أثناء أشغالها. وهذه الأشغال تشمل بطبيعة الحال الرعي والبحث بين كميات أخرى من النباتات. والطاقة التي تتولد في عضلات آكلات العشب وهي تمشي وتقتات وتتقاتل وتتزاوج تأتي أساسا من الشمس، عبر النباتات.

ومن ثم تأتي الحيوانات الأخرى ـ آكلات اللحوم أي التي تتغذى على اللحم فقط ـ ليكون طعامها من آكلات العشب. وتنتقل الطاقة هنا مرة أخرى (ومرة أخرى أيضا يُفقد بعضها في عملية الانتقال)، وتساعد في تقوية عضلات آكلي اللحوم أثناء تجوّالهم في أعمالهم. وفي هذه الحال، تشمل أعمالهم اصطياد المزيد من آكلات العشب ليقتاتوا عليها، فضلا عن كل الأشياء الأخرى التي يمارسونها، مثل التناسل والعراك وتسلق

الأشجار، وفي حالة الثدييات، صناعة اللبن لصغارهم الجدد. هنا أيضا، إنها الشمس التي توفر الطاقة بصورة أساسية، حتى لو كانت تلك الطاقة لا تصل إليهم إلا عن طريق غير مباشر بوضوح. وفي كل مرحلة من هذا المسار اللامباشر، يُفقد جزء كبير من الطاقة ـ يُفقد في صورة حرارة، تلك التي تسهم في المهمة عديمة الفائدة المتعلقة بزيادة حرارة باقي الكون.

وهناك حيوانات أخرى، مثل الطفيليات، تتغذى على الأجسام الحيّة لكل من آكلات العشب وآكلات اللحوم. ومرة أخرى، فإن الطاقة التي تتزود بها الطفيليات تأتي في النهاية من الشمس، ومرة أخرى أيضا، لا تستخدم جميع هذه الطاقة لأن جزءا منها يتبدد في صورة حرارة.

وفي الختام، ما أن يموت كائن ما، سواء كان نباتا أو آكل عشب أو آكل لحوم، أو طفيلا، فقد تقتات عليه حيوانات تتغذى على البقايا مثل الخنافس، أو ربما يتحلل ـ ليكون غذاء للبكتيريا والفطريات، والتي هي مجرد نوع مختلف من هذه الكائنات. وهنا أيضا من جديد تنتقل الطاقة القادمة من الشمس ومرة أخرى يضيع بعضها في صورة حرارة. وذلك هو سبب سخونة أكوام التسميد العضوية. حيث تأتي كل الطاقة الحرارية في كوم السماد العضوي أساسا من الشمس، التي تصيدتها أوراق النبات في صورة الألواح الشمسية في العام السابق. وهناك طيور فاتنة المنظر في جزر المحيط الهادي الجنوبية تسمى megapodes تستخدم حرارة أكوام التسميد العضوية في حضانة بيضها. وبخلاف الطيور الأخرى، التي ترقد على بيضها وتدفِّئه بحرارة أجسامها، تبني الميجابود كوما كبيرا من السماد العضوي لتدفن فيه بيضها. وتقوم بتنظيم حرارة كوم السماد بإضافة المزيد منه على قمته لتزداد سخونته، أو تزيح بعضا منه ليصبح أقل سخونة. بيد أن جميع الطيور تستخدم الطاقة الشمسية أساسا في حضانة بيضها، إما عن طريق حرارة أجسامها أو أكوام المخلّفات العضوية.

وفي بعض الأحيان لا تُؤكل النباتات لكنها تغوص في مستنقعات للطحالب. وبمرور القرون، تتضاغط في هيئة طبقات متفحمة من الطحالب مع إضافة طبقات جديدة فوقها. والناس في غربي أيرلندا أو في الجزر الأسكتلندية تستخرج عن طريق الحفر هذه المواد المتفحمة وتُقطِّعها في حجم قوالب القرميد لاستخدامها وقودا سهل الاشتعال، لتدفئة منازلهم في الشتاء. مرة أخرى، إنه ضوء الشمس المحتجَز (المتجمِّع) ـ في هذه الحال تمّ احتجازه على مدى القرون ـ والذي تنطلق طاقته في مواقد النيران والطهي في نطاق منطقتي Galway وHebrides.

وفي ظل ظروف ملائمة، وعلى مدى ملايين السنين، يتضاغط كوم السماد العضوي ويتحول تركيبه، ليصبح في النهاية فحما. ومع تزايد الوزن فوقه أكثر وأكثر، يتحول الفحم إلى وقود أعلى كفاءة من كوم السماد، وعند إشعاله يعطي حرارة أكبر بكثير، وكانت نيران الفحم والأفران هي طاقة التشغيل في الثورة الصناعية في القرنين الثامن عشر والتاسع عشر.

والحرارة الكثيفة الناتجة من مصنع للصلب أو فرن عالٍ، ومراجل الاحتراق المتوهجة التي أدارت الآلات البخارية «الفيكتورية» تصطخب على القضبان الحديدية أو في السفن التي تمخر البحار: كل تلك الحرارة أتت أساسا من الشمس، عبر الأوراق الخضراء للنباتات التي كانت تعيش منذ 300 مليون سنة.

كانت بعض «الطواحين الشيطانية السوداء» للثورة الصناعية تدار بواسطة الطاقة البخارية، غير أن الكثير من محالج القطن الأولى كانت تديرها طاقة دواليب الماء. وكان يتم بناء المصنع بالقرب من نهر متدفق التيار، ليستطيع تيار الماء إدارة العجلات. وهذه العجلات تقوم بتدوير محور كبير أو عمود إدارة، يمتد بطول المصنع. وعلى طول مسار عمود الإدارة، هناك سيور

جلدية وعجلات مسننة تقوم بتدوير جميع الآلات المغزلية المختلفة وآلات التمشيط وأنوال الحياكة. وحتى تلك الآلات كانت تستمد طاقتها أساسا من الشمس. وفيما يلي نعرض كيف يكون ذلك.

كان الماء هو المحرك للدواليب الدوّارة، لأنه ينجذب لأسفل بتأثير جاذبية الأرض. وهذا الوضع لا يحدث إلا بوجود تيار مستمر من المياه من مستوى مرتفع عن الأرض، ومنه يمكن للماء أن يندفع لأسفل. ويتوافر هذا الماء في صورة مطر من السحب، يسقط على التلال والجبال. وتتحصل تلك السحب على المياه من تبخر البحار، البحيرات، الأنهار والبرك الموجودة على سطح الأرض. وعملية التبخر تلزمها طاقة، وتلك الطاقة تأتي من الشمس. وبالتالي فإن الطاقة المستخدمة بصورة أساسية في تدوير دواليب الماء التي تقوم بتحريك السيور الجلدية وتروس الآلات الدوّارة والأنوال جميعها كانت تأتي من الشمس.

وفيما بعد استخدمت مصانع القطن الآلات البخارية التي تدور بحرق الفحم ـ مرة أخرى باستخدام الطاقة الآتية أساسا من الشمس. لكنها قبل أن تتحوّل للبخار كليًا مرت المصانع بمرحلة وسيطة. فقد احتفظت بدواليب التدوير المائية الكبرى لإدارة الأنوال وأدوات المكوك، لكنها استخدمت آلة بخارية لدفع الماء لأعلى في خزانات، ليندفع منها لأسفل فوق عجلة مائية، فقط لتضخه مرة أخرى لأعلى، وهكذا، سواء تمّ رفع الماء بواسطة الشمس إلى السُّحُب، أو تمّ رفعه بواسطة آلة بخارية إلى خزان، فلا تزال الطاقة تأتي من الشمس في المقام الأول. والاختلاف هنا أن الآلة البخارية تُدار عن طريق ضوء الشمس الذي جمَّعته النباتات قبل ملايين السنين وتمّ تخزينه تحت الأرض في صورة فحم، بينما العجلة المائية على نهر تُدار بواسطة ضوء الشمس القادم من عدة أسابيع فقط والمخزَّن على هيئة ماء تم

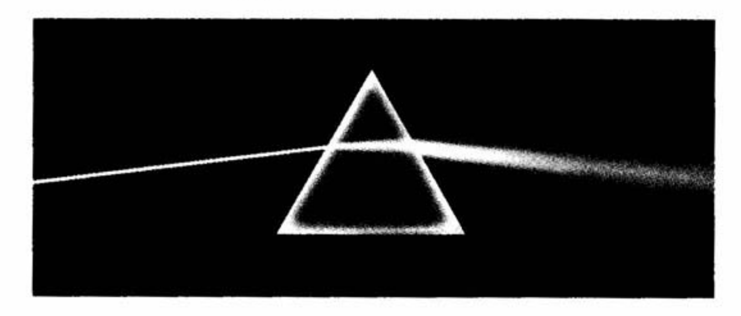
رفعه على قمة التلال. وهذا النوع من «ضوء الشمس المخزون» يسمى طاقة الوضع (الطاقة المحتملة)، ذلك لأن ثمة احتمال للماء ـ القدرة التي يحتويها ـ لبذل شغل عندما يندفع لأسفل.

ويقدم لنا هذا وسيلة جذّابة لفهم كيف أن الشمس هي الطاقة المحرِّكة للأرض. عندما تستخدم النباتات ضوء الشمس لعمل السكر، فهذه عملية تشبه ضخ الماء لأعلى، أو في خزّان فوق سقف مصنع. وعندما تستخدم النباتات (أو آكلات العشب التي تأكل النباتات، أو آكلات اللحم التي تتغذى على آكلات العشب) السكر (أو النشا الذي يُصنع من السكر، أو اللحم الذي يُصنع من النشا)، نستطيع أن نفكر في السكر على أنه يتم حرقه: حرقا بطيئا لبناء العضلات، تماما مثل الفحم في عملية الحرق السريع لتكوين البخار من أجل تحريك عمود إدارة في مصنع.

لن يكون من المفيد لنا بأي حال إذا قمنا بحرق كل ما لدينا من سكر وغيره من الوقود الغذائي بإضرام النيران فيه! فالحرق عملية مدمِّرة ومبدِّدة لاستعادة طاقة الشمس المخزونة. فما يحدث في خلايانا هو عملية منظَّمة بالغة البطء والدقة حتى إنه يماثل تقاطر الماء أسفل تل وإدارة سلسلة من دواليب الماء. والتفاعل الكيميائي الذي تساعد عليه الشمس في الأوراق الخضراء لإنتاج السكر يؤدي الدور المكافئ لضخ الماء لأعلى. والتفاعل الكيميائي في خلايا الحيوان والنبات الذي يستخدم الطاقة ـ لبناء العضلات، مثلا ـ يتحصل على الطاقة في خطوات منضبطة بدقة، خطوة خطوة. والمواد الغذائية عالية الطاقة، أوالسكريات أو أيا ما كان تشترك في تحرير طاقاتها على مراحل، من خلال سلاسل صغيرة متتابعة من التفاعلات الكيميائية، كل واحد منها يسهم في تغذية التفاعل التالي، مثل تيار يتدافع لأسفل مجموعة شلالات صغيرة، يدير دولابا مائيا صغيرا بعد الآخر.

أيًّا ما كانت التفاصيل، فإن كل دواليب الماء والعجلات المسننة وأعمدة إدارة الحياة تستمد طاقتها أساسا من الشمس. ولربّما كانت تلك الشعوب القديمة تعبد الشمس بتقديس أكبر لو كانت قد تأكّدت إلى أي مدى تعتمد الحياة على الشمس. وما يثير العجب لديّ الآن هو كم عدد النجوم الأخرى التي تُدير آلات الحياة على الكواكب الدائرة حولها. لكن ينبغي علينا الانتظار حتى فصل تالٍ.

الفصل السابع
ما القوس قزح؟



ملحمة جلجامش واحدة من أقدم القصص المكتوبة على الإطلاق. فهي أقدم من أساطير اليونان واليهود، وهي أسطورة البطولة القديمة للحضارة السومرية، التي ازدهرت في بلاد ما بين النهرين (العراق حاليا) قبل 5,000 إلى 6,000 سنة. وكان جلجامش الملك البطل الأعظم للأسطورة السومرية - يشبه قليلا الملك آرثر في الأساطير البريطانية، في أنه لا أحد يعرف ما إن كان له وجود أصلا، لكن قيلت عنه حكايات كثيرة. ومثل البطل اليوناني أوديسيوس (أوليس) والبطل العربي السندباد البحري، فقد مضى جلجامش في رحلات ملحمية، والتقى بالعديد من الأمور العجيبة والأشخاص غريبي الأطوار في سفرياته. أحدهم كان رجلا مسنا (بلغ من الكبر حدًّا كبيرا يقدر بالقرون) يدعى أوتناباشتيم Utnapashtim، والذي روى لجلجامش حكاية عجيبة جرت معه. حسنٌ، وبدتْ الحكاية غريبة لجلجامش، غير أنها قد لا تبدو غريبة جدًّا لك لأنك ربما سمعت مثلها من قبل... حول رجل آخر مسن وإن كان باسم مختلف.

وقال أوتناباشتيم لجلجامش إنه في إحدى المرات، منذ قرون عديدة خلت، عندما صبّ الآلهة غضبهم علينا نحن البشر لأننا نصنع ضوضاء هائلة تحول بينهم وبين النوم.

واقترح كبير الآلهة، إنليل Enlil، أنه لابد أن يُرسلوا فيضانا عظيما ليدمّر الجميع، وبالتالي يستطيع الآلهة أن ينعموا بليالٍ هانئة. لكن إله الماء، إى Ea، قرر تحذير أوتناباشتيم. وقال إى لأوتناباشتيم أن يهدم

بيته ويبني قاربا. وكان ينبغي لهذا القارب أن يكون كبيرا جدًّا، لأنه كان على أوتناباشتيم أن يحمل على متنه «بذورا لكل الكائنات الحية». وبنى أوتناباشتيم القارب في الوقت المحدد تماما، قبل سقوط الأمطار التي دامت ستة أيام وست ليالٍ بلا توقف. وأدّى الفيضان الناجم عن إغراق كل شخص وكل شيء لم يكن مؤمَّنا داخل القارب. وفي اليوم السابع توقفت الرياح وهدأت المياه وانبسط سطحها.

فتح أوتناباشتيم كوة في القارب المحكم بإتقان وأخرج طائر اليمام. انطلق الطائر يبحث عن اليابسة، لكنه فشل في العثور على مأربه فعاد. حينئذ أطلق أوتناباشتيم طائر السنونو، وحدث له نفس الشيء. في النهاية أطلق أوتناباشتيم غرابا أسودَ. ولم يعد الغراب الأسود، الأمر الذي أوحى لأوتناباشتيم بوجود أرض جافة في مكان ما وقد عثر عليها الغراب الأسود.

في نهاية المطاف وصل القارب إلى مرسى على قمة جبل برز من الماء. وهناك إله آخر، عشتار، الذي خلق أول قوس قزح، كعلامة على وعد الآلهة بعدم بعث فيضانات أخرى مدمّرة. وتلك هي الطريقة التي خُلِق بها قوس قزح، طبقا للأسطورة القديمة لدى السومريين.

تمام، سبق وقلتُ إن القصة قد تكون شائعة. وجميع الأطفال الذين تربّوا في البلدان المسيحية، اليهودية أو الإسلامية سيدركون على الفور أنها نفس القصة الأحدث التي تُروى عن سفينة نوح، مع اختلاف أو اثنين هامشييْن. إذ يتغير اسم من بنى السفينة من أتناباشتيم إلى نوح. ويتغير الآلهة الكثيرون في الأسطورة القديمة إلى الإله الواحد في الرواية اليهودية. ويصبح تعبير «بذور كل الكائنات الحية» هو «أي شيء حي من جميع الأجناس، زوج من كلّ نوع» ـ أو كما تقول به الأغنية، «مضت الحيوانات اثنين اثنين» ـ وبالتأكيد كانت ملحمة جلجامش تعني شيئا

مماثلا. من الواضح، في حقيقة الأمر، أن الرواية اليهودية عن نوح ليست إلا إعادة للحكاية القديمة الخاصة بأسطورة أوتناباشتيم. لقد كانت حكاية شعبية ظلت تتردد هنا وهناك، وانتقلت من بلد إلى بلد وعادة ما تصل إلينا حتى من أساطير سابقة عليها. وغالبا ما نجد تلك الأساطير المشابهة، تتغير فيها بعض الأسماء أو التفاصيل. وفي هذه المرة، في الحكايتين، كان فصل الختام هو قوس قزح.

وفي كلّ من ملحمة جلجامش وسِفْر التكوين، يحظى قوس قزح بجزء مهم من الأسطورة. ويؤكد سفر التكوين على أنه كان بالفعل قوس الإله، حيث رفعه إلى السماء دليلا على صدق وعده لنوح وذريته.

وثمة اختلاف آخر بين رواية نوح والحكاية السومرية القديمة عن أوتناباشتيم. ففي قصة نوح، يرجع السبب في غضب الرب من البشر أننا كّنا جميعا أشرارًا يستحيل إصلاحنا. وفي القصة السومرية، يمكنك أن ترى أن جريمة البشر ربما كانت أهون شأنا. فقد كانت الضوضاء الصادرة عّنا بالغة الإزعاج وحرمت الآلهة من الخلود للنوم فجأة، وعلى نحو مستقل تماما، لدى شعب الشوماش Chumash بجزيرة سانتا كروز، بالقرب من شاطئ كاليفورنيا.

وفي عقائد الشوماش أنهم خُلِقوا على جزيرتهم (من الواضح أنها لم تكن تحمل اسم سانتا كروز، لأنه اسم إسباني) من بذور نبات سحري بواسطة إلاهة الأرض هوتاش Hutash، التي تزوجت من ثعبان السماء ـ والذي نعلم أنه درب التبانة، الذي تستطيع أنت رؤيته في ليلة مظلمة بمنطقة ريفية، ولا تراه لو كنت تحيا في مدينة حيث الإضاءة تحول بشدة دون ذلك ـ وتزايد عدد سكان الجزيرة كثيرا، وكما حدث تماما في ملحمة جلجامش، كانت ضوضاؤهم عائقا أمام راحة الإلاهة هوتاش. كان الضجيج سببا في استيقاظها طول الليل. لكن بدلا من قتلهم جميعا، كما

فعل آلهة السومريين واليهود، كانت هوتاش أكثر رحمة. وقررت أنه لا بد لعدد منهم أن يرحل من الجزيرة إلى اليابسة؛ حيث لن تتمكن من سماع أصواتهم. ولذلك صنعت لهم جسرا ليعبروا عليه، وكان ذلك الجسر... نعم، قوس قزح!

ولهذه الأسطورة نهاية غريبة. أخذ جميع الناس يعبرون هذا الجسر ـ قوس قزح ـ وبعض مطلقي الضوضاء نظروا لأسفل ـ فانتابهم رعبٌ هائلٌ من السقوط حتى أصيبوا بالدوار. وسقطوا من فوق قوس قزح في البحر، حيث تحوّلوا إلى دلافين.

وبرزت فكرة أن قوس قزح يعتبر جسرا في حكايات أسطورية أخرى، أيضا. ففي أساطير الإسكندنافيين القدماء (الفايكنج)، اعتبروا أقواس قزح نوعا من الجسور الهشّة يستخدمها الآلهة في الانتقال من عالم السماء إلى الأرض. والكثير من الشعوب ـ مثلا في إيران (الفرس)، غرب إفريقيا، ماليزيا، أستراليا، والأمريكتين ـ كانوا يعتقدون أن قوس قزح هو ثعبان ضخم يرتفع من الأرض ليشرب المطر.

وما يثير دهشتي هو كيف تبدأ كل هذه الأساطير؟ من جعلها تبرز هكذا، ولماذا يصل الأمر بالبعض في النهاية للاعتقاد في أن هذه الأمور قد حدثت على أرض الواقع؟ وهذه أسئلة تثير الألباب وليس من اليسير إيجاد جواب لها. لكن ثمة سؤال يمكننا الإجابة عليه: ما هي حقيقة قوس قزح في الواقع؟

السحر الحقيقي لقوس قزح

عندما كنت في العاشرة من العمر تقريبا، أُخِذت إلى لندن لمشاهدة لعبة أطفال تسمى «أين ينتهي قوس قزح؟»، وعلى الأغلب أنك بالتأكيد

لم تتمكن من مشاهدتها لأنها كانت بعيدة تماما عن النمط الوطني المعتاد الذي تعرضه المسارح الحديثة. وهي كلُّها مخصصة كي تكون إنجليزية، وفي ذروة المغامرة يتم إنقاذ الأطفال على يد القديس جورج، القديس البطل لإنجلترا (ليس بريطانيًّا، ذلك لأنه لدى أسكتلندا، ويلز، وأيرلندا أبطالهم من القديسين). لكن ما أتذكره بوضوح بالغ ليس القديس جورج بل قوس قزح نفسه. فقد ذهب الأطفال فعليًّا إلى حيث ثبَّت قوس قزح قدمه ورأيناهم يتجوّلون في وسط قوس قزح في الموضع الذي اصطدم فيه بالأرض. كان عملا مسرحيا متقنا، بكشافات إضاءة ملونة ترسل أشعتها خلال الضباب الدوّار، وقد تلعثم الأطفال مفتونين بذهول. وأعتقد أنه عند هذه اللحظة تقريبا ظهر سانت جورج في دروعه البرّاقة وغطاء رأسه الفضي، وأننا الأطفال تقطعت أنفاسنا من المشهد والأطفال على خشبة المسرح يصيحون: «سانت جورج! سانت جورج! سانت جورج!».

غير أنه كان قوس قزح الذي تعلق به خيالي. لا يهم مدى الروعة التي كانت تبدو من القديس جورج: لكم هو رائع أن تقف منتصبا في قلب قوس قزح عملاق!

وتستطيع أن ترى من أين جاء مؤلف المسرحية بالفكرة. فقوس قزح يبدو حقيقةً هدفا ملائما، معلقا هناك، ربما على مسافة عدة أميال. ويبدو كما لو أن قدمه اليسرى مثبتة، لنقُل، في حقل للقمح وقدمه اليمنى (إذا أسعدك الحظ ورأيت قوس قزح كاملا) على قمة تل. ينتابك إحساسٌ بأنه ينبغي عليك أن تكون قادرا على الذهاب إليه مباشرة وتقف تماما على الموضع الذي يخطو فيه قوس قزح على الأرض، مثلما فعل الأطفال في المسرحية. وكل الأساطير التي قدمتُ عرضا لها لم تمتلك نفس الفكرة. يتم مشاهدة قوس قزح كشيء محدد، في مكان محدد، على مسافة محددة.

حسنٌ، من المحتمل أنك ترى أن ذلك ليس على هذه الشاكلة في واقع

الأمر. في البداية، إذا حاولت أن تقترب من قوس قزح، بصرف النظر عن السرعة التي ستركض بها، فإنك لن تصل إليه أبدا: فسوف يجري قوس قزح بعيدا عنك حتى يتلاشى نهائيا. لن تستطيع الإمساك به. غير أنه في الواقع لا يجري بعيدا لأنه في حقيقة الأمر ليس له موضع محدد على الإطلاق، أبدا. إنه وهم ـ لكنه وهم مبهر، وإذا ما فهمناه نستطيع أن نصل لكل أنواع الأشياء المثيرة، وسنتوصل إلى بعض منها في الفصل التالي.

ممّ يصنع الضوء؟

في البداية نحن بحاجة لأن نفهم بقدر معين شيئا ما يسمى الطيف. وقد تمّ اكتشافه في عصر الملك تشارلز الثاني ـ وذلك قبل نحو 350 عاما ـ على يد إسحاق نيوتن، الذي ربما يكون أعظم العلماء على الإطلاق (اكتشف أمورا عديدة أخرى بالإضافة إلى الطيف، كما رأينا في الفصل الخاص بالليل والنهار). فقد اكتشف نيوتن أن الضوء الأبيض هو في الواقع خليط من مختلف الألوان. وبالنسبة للعالِم: فذلك هو المقصود باللون الأبيض.

كيف اكتشف نيوتن ذلك؟ قام بإعداد تجهيزات تجربة. في البداية، دهن غرفته باللون الأسود كي يحول دون دخول الضوء إليها تماما، ثم صنع فتحة صغيرة في ستارة النافذة لكي يمكن مرور شعاع من ضوء الشمس الأبيض في سمْك سن القلم الرصاص المدبب. ثم وجه هذا الشعاع ليسقط على مخروط (الذي هو مجسم زجاجي على شكل مثلث) وينفذ خلاله.

وتسبب الموشور(*) في جعل شعاع الضوء الأبيض الرفيع مفلطحا:

(*) الموشور: شكل هرمي من الزجاج، يعمل على تحليل الضوء الأبيض إلى مكوناته الأساسية ـ م.

لكن هذا الشعاع المفلطح النافذ من الموشور لم يعد أبيض اللون. إنه شعاع متعدد الألوان مثل قوس قزح، وأطلق عليه نيوتن اسم: خطوط الطيف. وفيما يلي كيفية حدوث ذلك.

عندما ينتقل شعاع ضوئي خلال الهواء ويسقط على جسم زجاجي، فإنه ينحرف. وهذا الانحراف يسمى الانكسار. وانكسار الضوء لا يقتصر على الزجاج فقط: فالأمر نفسه يحدث مع الماء أيضا، وسيكون لهذا أهميته عندما نعود إلى قوس قزح. والانكسار هو المسؤول عما يبدو من انحناء مجدًّاف قارب حين تضعه في النهر. وفيما يلي أصل الموضوع. فالزاوية التي ينحرف بها الضوء تختلف قليلا اعتمادا على لون هذا الضوء. فانحراف اللون الأحمر أقل من انحراف اللون الأزرق. وبالتالي، إذا كان الضوء يتكون فعليًّا من خليط لعدة ألوان، حسب تخمين نيوتن، فماذا سيحدث لو سلّطت شعاعا من الضوء على سطح موشور؟ هنا سينحرف اللون الأزرق بزاوية تزيد عن زاوية انحراف اللون الأحمر، وبالتالي سينفصل اللونان أحدهما عن الآخر أثناء خروجهما من الجانب الآخر للموشور. كما سيأتي اللونان الأصفر والأخضر في موضعين بينهما. والنتيجة هنا هي خطوط طيف نيوتن: جميع ألوان قوس قزح، مرتبة وفق نظامه الصحيح: الأحمر، البرتقالي، الأصفر، الأخضر، الأزرق، والبنفسجي.

لم يكن نيوتن أول شخص يتوصل إلى قوس قزح باستخدام الموشور. فقد تحصل آخرون على نفس النتيجة قبله. لكن الكثير منهم كان يعتقد أن الموشور على نحو ما «يتسبب في تلوين» الضوء الأبيض، مثل إضافة صبغة معينة. وكانت فكرة نيوتن مختلفة تماما. فكان يعتقد أن الضوء الأبيض خليط من كل الألوان. وكان على صواب، وأثبت فكرته عن طريق تجربتين دقيقتين. في الأولى، أخذ موشورا، كما في السابق، وثبَّت

فتحة ضيقة في طريق الأشعة الملونة الخارجة منه، بحيث يمر شعاع واحد فقط من الفتحة، وليكن الشعاع الأحمر. وينحرف الضوء إثر سقوطه على الموشور الثاني، كالمعتاد. لكن لم يخرج منه إلا اللون الأحمر فقط، دون أي إضافة من الألوان الأخرى، كما كان من المتوقع أن يحدث لو كان الموشور يضيف الألوان على هيئة صبغة. والنتيجة التي توصل إليها نيوتن تطابقت مع ما كان يتوقعه تماما، لتدعم نظريته عن أن الضوء الأبيض ليس إلا خليطا من عدة ألوان.

وكانت التجربة الثانية أكثر براعة من سابقتها، حيث استخدم ثلاثة مواشير. ويطلق عليها اسم Newton's Experimentum Crucis، وهو الاسم اللاتيني لـ«التجربة الحرجة» ـ أو، كما يمكن أن يقال، «التجربة التي حسمت الجدل».

يمر الضوء الأبيض خلال فتحة في ستارة غرفة نيوتن من خلال الموشور الأول، الذي يتسبب في تشتيته أثناء خروجه ليتوزع على جميع ألوان قوس قزح. ثم تسقط ألوان قوس قزح الموزَّعة على عدسة، لتجمع العدسة كل الألوان معا قبل أن تمر من الموشور الثاني من مواشير نيوتن. ولهذا الموشور الثاني القدرة على دمج ألوان قوس قزح مرة أخرى لتصبح بيضاء اللون. ويبرهن ذلك فعليًّا بدقة على وجهة نظر نيوتن. لكن لمزيد من التأكيد ليس إلا، قام بتمرير شعاع الضوء الأبيض في الموشور الثالث، الذي تسبب في توزيع الألوان على هيئة قوس قزح من جديد! وإلى أي درجة من دقة التفسير ترغب فيها، فهذا يثبت أن الضوء الأبيض في واقع الأمر يتكوّن من خليط لجميع الألوان.

كيف تصنع قطرات الماء أقواس قزح؟

تؤدي المواشير جميعها عملها بصورة صحيحة تماما، لكن عندما ترى قوس قزح في السماء، فلا يوجد موشور هائل ضخم معلق بها هناك.

بالطبع كلا، لكن يوجد بها ملايين من قطرات المطر. وبالتالي، هل كل نقطة منها تعمل عمل موشور ضئيل الحجم؟ الأمر على نحو ما مشابه لذلك، لكنه ليس مطابقا تماما له.

إذا كنت ترغب في رؤية قوس قزح يتعيّن أن تكون الشمس من خلفك وأنت تنظر إلى عاصفة ممطرة. وكل نقطة مطر تكون أقرب إلى كرة صغيرة من كونها موشورا، ويسلك الضوء على نحو مختلف عندما يسقط على كرة مقارنةً بسلوكه أثناء سقوطه على موشور. ويكمن الفرق في أن الجانب البعيد من نقطة المطر يعمل كأنه مرآة رقيقة. وذلك هو سبب احتياجك لأن تأتي الشمس من خلفك إذا رغبت في مشاهدة قوس قزح. فالضوء القادم من الشمس يصنع نوعا من الشقلبة داخل كل نقطة مطر وينعكس إلى الوراء وإلى أسفل، عندما يسقط على عينيك.فيما يلي شرح لبيان كيف يحدث ذلك.

نفترض أنك تقف والشمس تأتي من ورائك ومن فوقك، ناظرا إلى وابل بعيد من الأمطار. يسقط ضوء الشمس على نقطة مطر وحيدة (بالطبع إنها تسقط على عدد هائل من نقط المطر الأخرى أيضا، لكن انتظر، سنصل إلى هذا). سوف نطلق على نقطة المطر المحددة لدينا اسم ـ سيسقط شعاع الضوء الأبيض على ـ من جانبها العلوي القريب، وعندها ينحني الشعاع، تماما مثلما حدث مع السطح القريب لموشور نيوتن. وبطبيعة الحال يكون انحناء اللون الأحمر أقل من مثيله الأزرق، وبالتالي تظهر الآن خطوط الطيف. ومن ثم تنتقل جميع الأشعة الملونة داخل قطرة المطر حتى تصطدم بجانبها البعيد. وبدلا من النفاذ إلى الهواء، تنعكس عائدة في اتجاه الجانب القريب لنقطة المطر، هذه المرة في الجزء السفلي للجانب القريب. وأثناء مرورها خلال الجانب القريب لنقطة المطر، تنحني مرة ثانية. ومن جديد ينحني اللون الأحمر بدرجة أقل من اللون الأزرق.

وهكذا، ومع مغادرة شعاع الشمس لنقطة المطر، يكون قد توزع على خطوط طيف صغيرة مناسبة. والأشعة الملونة المنفصلة، وهي تتضاعف في تحركاتها داخل نقطة المطر، تندفع الآن للخلف في الاتجاه العام للموضع الذي تقف أنت به. ولو تصادف وكانت عيناك في مسار واحد من تلك الأشعة، مثلا الشعاع الأخضر، فسوف ترى ضوءا أخضر نقيًا. وربما يرى شخص آخر أقصر منك الشعاع الأحمر آتيا من A. بينما شخص آخر أطول منك يرى شعاعا أزرق قادما من هذه النقطة.

لم يحدث أن شاهد شخص طيفا كاملا من نقطة مطر واحدة. فكل واحد يرى ضوءا نقيا واحدا فقط. حتى إنه لا يوجد بين قرّاء هذا الكتاب من يقول إنه رأى قوس قزح بكل ألوانه. ما السبب؟ حسناً، حتى الآن، نحن لا نتحدث إلا عن نقطة مطر واحدة، تسمى A. وهناك الملايين من نقط المطر، وجميعها تتصرف بنفس الطريقة. إذ بينما تنظر أنت إلى شعاع أحمر صادر من النقطة A، فهناك نقطة مطر أخرى ولتكن B، في موضع أدنى من A. وأنت لن ترى الشعاع الأحمر من B لأنه يسقط على منطقة البطن لديك. لكن سترى الشعاع الأزرق الصادر منها لأنه يسقط تماما في الموضع الصحيح على عينيك. وهناك نقط مطر أخرى أدنى موضعا من A وأعلى من B، لا تصل أشعتها الحمراء والزرقاء إلى عينيك اللتين تلتقطان فقط أشعتها الصفراء أو الخضراء. لذلك فإن عددا كبيرا من نقط المطر هي التي يتجمع لديها معًا طيف كامل، على صورة خط صاعد أو هابط.

لكن وجود خط صاعد وخط هابط لا يعني أنه قوس قزح. فمن أين يأتي باقي قوس قزح؟ عليك ألا تنسى أن هناك نقط مطر أخرى، تمتد من أحد جوانب سيل المطر إلى الآخر وعند كل الارتفاعات. وأنها بطبيعة الحال تملأ باقي قوس قزح الذي تلاحظه. فكل قوس قزح يقع تحت

ناظريك، بالمصادفة، يحاول أن يشكل دائرة كاملة، وعيناك مصوبتان إلى مركزه ـ مثل قوس قزح كامل الاستدارة الذي تراه أحيانا عندما تروي الحديقة بخرطوم والشمس تتلألأ خلال زخات الماء، والسبب الوحيد الذي يعوق عادة رؤيتنا للدائرة الكاملة هو وجود الأرض في طريقها.

ذلك هو سبب رؤيتك لقوس قزح في أي جزء من الثانية. لكن في الجزء التالي من الثانية، تكون جميع نقط الماء قد سقطت في موضع أدنى. فقد أصبحت نقطة A في موضع النقطة B، وبالتالي أصبحت الآن ترى الشعاع الأزرق للنقطة الأولى بدلا من شعاعها الأخضر. ولا تتمكن من رؤية أي واحد من أشعة النقطة الثانية (رغم أن الكلب القابع تحت قدميك يستطيع رؤيتها). كما أن نقطة مطر جديدة (ولتكن C، لم تستطع أنت رؤيتها من قبل مطلقا) تسقط الآن في الموضع الذي كانت قد سقطت فيه النقطة الأولى، وأنت ترى الآن شعاعها أحمر اللون.

ذلك هو السبب فيما يبدو عليه من بقاء قوس قزح مستمرا، بالرغم من أن قطرات المطر التي تكوِّنه تسقط بانتظام خلاله.

هل نحن على الطول الموجي الصحيح؟

لنفحص الآن حقيقة خطوط الطيف ـ النطاق المنتظم من الألوان بداية من الأحمر خلال البرتقالي، الأصفر، الأخضر، والأزرق إلى البنفسجي ـ ما الذي يجعل الضوء الأحمر ينحني بزاوية تقل عن زاوية انحناء اللون الأزرق؟

يمكن التفكير في الضوء باعتباره ذبذبات: موجات. تماما مثلما أن الصوت ذبذبات في الهواء، إذ يتكوّن الضوء مما يسمى ذبذبات كهرومغناطيسية. ولن أحاول شرح ما هي الذبذبات الكهرومغناطيسية

لأن هذا يلزمه وقت بالغ الطول (كما أنني لست على يقين تماما من فهمي أنا نفسي لها). والمسألة هنا أنه رغم الاختلاف البيّن بين الضوء والصوت، نستطيع أن نتحدث عن ذبذبات في الضوء ذات (طول موجي ـ قصير) عالية ـ التردد، وذات (طول موجي ـ طويل) ضعيفة التردد، تماما مثل الصوت. فالصوت المرتب العالي ـ الثلاثي أو السوبرانو ـ يعني الذبذبات عالية التردد، أو ذات الطول الموجي القصير. والأصوات منخفضة التردد، أو ذات الطول الموجي الطويل، تكون أصواتا عميقة خفيضة. ومكافئ اللون الأحمر في الضوء (ذي الطول الموجي الطويل) هو الصوت الجهير، وللأصفر الجهير الأول، وللون الأخضر التينور، وللأزرق الألتو وللبنفسجي الثلاثي (التريبل).

وتوجد أصوات تبلغ من القوة حدًّا يتعذر علينا سماعها، وتسمى أصواتا فوق سمعية (الألتراساوند)؛ لكن الخفافيش تتمكن من سماعها وتستفيد من صداها لتشق طريقها أثناء تجوالها. كما توجد أصوات تصل إلى درجة من الضعف تحول دون سماعنا لها. وتسمى أصوات تحت سمعية؛ وتستخدم الأفيال والحيتان وبعض الحيوانات الأخرى هذه الهمهمات العميقة في الحفاظ على جماعاتها متقاربة مع بعضها البعض. إذ إن أعمق النغمات الخفيضة الصادرة عن أورغن كبير في كاتدرائية تصل غالبا إلى حد من الضعف يستحيل معه سماعها؛ ويبدو كما لو أنك «تشعر» بأنها تخفق في جسمك كله. فمدى الأصوات التي يتمكن الإنسان من سماعها يتحدد في نطاق ترددات معينة يحتل أوسطها، بين الموجات فوق السمعية، العالية جدًّا علينا (وليس على الخفافيش) فلا نسمعها، والموجات تحت السمْعية المنخفضة جدًّا بالنسبة لنا (وليس للأفيال) فلا نسمعها أيضا.

ينطبق الشيء نفسه على الضوء. فما يكافئ الهمهمات القصيرة الحادة

فوق الصوتية للخفافيش هو اللون فوق البنفسجي، وهو ما يعني «ما وراء البنفسجي». ونحن لا نستطيع رؤية الضوء فوق البنفسجي لكن الحشرات تستطيع رؤيته. وهناك بعض الزهور لديها بعض الخطوط أو الأشكال الأخرى لإغواء الحشرات وجذبها إليها لتلقيحها، أشكال يمكن رؤيتها فقط في نطاق الأطوال الموجية فوق البنفسجية. وتستطيع عيون الحشرات مشاهدتها، غير أننا نحتاج إلى أدوات معينة لـ «ترجمة» الأشكال إلى جزء مرئي من ألوان الطيف. على سبيل المثال، تبدو لنا زهرة الربيع المسائية صفراء اللون، دون شكل معين، وبلا خطوط. لكن إذا صورناها باستخدام الأشعة فوق البنفسجية نشاهد فجأة خطوطا نجمية الشكل.

وتتواصل ألوان الطيف إلى مستويات متزايدة في تردداتها، أكبر كثيرا من فوق البنفسجية، وحتى لمدى أبعد مما تستطيع الحشرات أن تراه. ويمكن التفكير في أشعة إكس (الأشعة السينية) على أنها «ضوء» أكثر قوة من الأشعة فوق البنفسجية. كما أن أشعة جاما أعلى من ذلك.

وعند الطرف الآخر من ألوان الطيف، لا تستطيع الحشرات رؤية اللون الأحمر، الذي نتمكن نحن من مشاهدته. وفيما بعد اللون الأحمر توجد الأشعة «تحت الحمراء»، التي لا نستطيع رؤيتها، رغم أننا نشعر بها على صورة حرارة (ولبعض الثعابين حساسية خاصة تجاهها، وتستخدمها لاكتشاف فرائسها). وربما تطلق الخنافس على اللون الأحمر اسم «تحت البرتقالي». و«النغمات الموسيقية الجهيرة» الأكثر عمقا من تحت الحمراء هي الميكروويف، التي نستخدمها في الطهي. وحتى النغمات الأعمق من ذلك (الموجات الأطول) هي موجات الراديو.

المثير للدهشة نوعا ما أن الضوء الذي نراه فعليا نحن بني البشر ـ ألوان الطيف أو «قوس قزح» من الألوان المرئية بين فوق البنفسجي «الأعلى قوة» تقريبا والأحمر «الأقل قوة» تقريبا ـ يمثل نطاقا ضئيلا للغاية في وسط

نطاق طيفي هائل يمتد من أشعة جاما في الحد الأعلى لينتهي عند موجات الراديو في الحد الأدنى. وغالبا فإن الطيف بأكمله غير مرئي بالنسبة لنا.

على أن الشمس والنجوم تضخ أشعة كهرومغناطيسية بمدى كامل من الترددات أو «الأصوات»، من كل نوع بداية من موجات الراديو عند الطرف «الأدنى» حتى أشعة جاما عند الطرف «الثلاثي». وعلى الرغم من أننا لا نستطيع الرؤية خارج النطاق الضئيل للضوء المرئي، فإننا نمتلك أدوات تتيح لنا اكتشاف هذه الأشعة غير المرئية.

والعلماء الذين نطلق عليهم علماء فلك الراديو يلتقطون «صورا» للنجوم باستخدام موجات الراديو بدلا من موجات الضوء أو أشعة إكس. والجهاز الذي يستخدمونه يسمى الراديو تليسكوب. وثمة علماء آخرون يلتقطون صورا للسماء عند الطرف الآخر للطيف، في نطاق الأشعة السينية. ونحن نتعلم أشياء مختلفة عن النجوم وعن الكون باستخدام أجزاء مختلفة من الطيف. وحقيقة أن عيوننا لا ترى إلا شريحة ضئيلة في المنطقة الوسطى للطيف الهائل، وأننا نستطيع مشاهدة مدى رفيع فقط من المدى الضخم من الأشعة التي تستطيع آلات العلماء رؤيتها لهو تفسير ممتع لقدرة العلم على إثارة خيالنا: مثال ممتع عن سحر الواقع.

في الفصل التالي سوف نتعلم ما هو أكثر إثارة للدهشة عن قوس قزح. إذ إن عملية فصل الضوء من نجم بعيد إلى خطوط طيف لا يمكنها فحسب أن تقول لنا مِمَّ يتكون هذا النجم بل هي تحدد كذلك كم عُمْرُه. والأدلة من هذا النوع ـ دلائل قوس قزح ـ هي التي تتيح لنا اكتشاف مقدار عمر الكون: متى بدأ؟ وقد لا يكون لذلك صدى طيب، لكن سيتم الكشف عن كل شيء في الفصل القادم.

الفصل الثامن
متى وكيف بدأ كل شيء؟



لنبدأ بأسطورة إفريقية من إحدى قبائل البانتو، من البوشونغو Boshongo في الكونغو. لم تكن هناك في البدء يابسة، بل مجرد ظلمة مائية، وكذلك ـ الشيء المهم ـ الإله بومبا Bumba. وأصيب بومبا بآلام في المعدة فتقيأ الشمس. وبّدد الضوء القادم من الشمس الظلام، والحرارة الصادرة عن الشمس جففت بعض المياه، وخلفت وراءها أرضا. رغم هذا، لم تذهب آلام البطن التي يعاني منها بومبا، ولذلك أخرج القمر، والنجوم، والحيوانات والناس.

العديد من أصول الأساطير الصينية تتضمن شخصية تسمى پان جو Pan Gu، يوصف أحيانا بأنه رجل عملاق غزير الشعر له رأس كلب. وهنا واحدة من أساطير پان جو: في البداية لم يكن ثمة تمييز واضح بين السماء والأرض؛ كانت كلها فوضى لزجة تحيط ببيضة كبيرة سوداء. وكان پان جو يتكور داخل البيضة. وظل پان جو في سبات داخلها طيلة 18,000 عام. وحين استيقظ في النهاية أراد أن يهرب، لذلك التقط فأسه وشقّ طريقه إلى الخارج. بعض محتويات البيضة كان ثقيل الوزن فهبط ليصبح الأرض. وأخذت الأرض والسماء تتكوران بمعدل (يكافئ) ثلاثة أمتار في اليوم لمدة 18,000 سنة أخرى.

في روايات أخرى للقصة أخذ پان جو يدفع السماء والأرض بعيدا عن بعضهما، وعقب ذلك نال منه تعبٌ شديدٌ أدّى لوفاته. ومن ثم تحوّلت أجزاء منه إلى الكون الذي نعرفه. وصار تنفسه هو الرياح، وصوته الرعد؛

وعيناه القمر والشمس، وعضلاته الأراضي الزراعية، وعروقه الطرق. وأصبح عرَقه هو المطر، وشعره النجوم. وينحدر البشر من البراغيث والقمل التي كانت تعتاش ذات مرة من جسمه.

وبالمناسبة، فإن رواية إزاحة بان جو للسماء عن الأرض أقرب ـ ربما دون صلة بينهما ـ للأسطورة اليونانية عن أطلس Atlas، الذي منع هو الآخر السماء من الوقوع (على الرغم من أن المنحوتات والصور والتماثيل عادة ما تبينه حاملا الأرض بأكملها على أكتافه).

وفيما يلي واحدة من بين الأساطير الأصلية العديدة من الهند. قبل بداية الزمن كان هناك محيط مظلم كبير من العدم، وبه ثعبان عملاق ملتف على السطح. وكان يرقد نائما في لفات الثعبان اللورد فيشنو Lord Vishnu. في النهاية أيقظ اللورد فيشنو صوت همهمة عميقة آتية من قاع محيط العدم، وقد بزغ نبات اللوتس من سرته. وفي وسط زهرة اللوتس جلس براهما Brahma، خادم فيشنو. أمر فيشنو براهما بخلق العالم. وبالتالي نفذ براهما ذلك. لا مشكلة! وكل الكائنات الحية أيضا، عندما كان على وشك ذلك. أمر يسير!

ما أجد أنه مدعاة لخيبة الأمل في كل هذه الأساطير الأصلية أنها تبدأ بافتراض وجود نوع ما لكائن حي قبل أن يأتي الكون ذاته للوجود ـ بومبا أو براهما أو بان جو، أو أنكولوكولو Unkolokolo (خالق الزولو) أو Abassie (نيجيريا) أو «الرجل العجوز في السماء» (ساليش Salish، إحدى قبائل الأمريكيين الأصليين من كندا). ألا تعتقد أن كونا على هيئة ما كان يتعين وجوده أولًا، ليوفر مكانا للروح الخالقة لتباشر عملها؟ لا تقدم أي أسطورة من الأساطير شرحا للكيفية التي نشأ بها خالق الكون (الذي عادة ما يشار إليه بالضمير هو).

وبالتالي هم لا يأخذوننا بعيدا جدًّا. ودعونا بدلا من ذلك نتحوّل إلى ما نعرف أنها القصة الحقيقية لكيفية بدء الكون.

كيف كانت بداية كل شيء.. في الواقع؟

هل تتذكر في الفصل الأول أن العلماء يعملون من خلال إقامة «نماذج» عن كيفية ما يمكن أن يكون عليه العالم الحقيقي؟ ومن ثم يختبرون النموذج باستخدامه في عمل تنبؤات للأشياء التي ينبغي أن نراها ـ أو القياسات التي قد نستطيع إجراءها ـ وذلك إذا ما كان النموذج صحيحا. في منتصف القرن العشرين ظهر نموذجان متنافسان عن كيفية مجيء الكون للوجود، تحت اسم: نموذج «الحالة المستقرة» ونموذج «الانفجار العظيم». كان نموذج الحالة المستقرة بالغ الأناقة، لكن في النهاية ثبت أنه خاطئ ـ بمعنى، اتضح أن التنبؤات المعتمدة عليه خاطئة. فطبقا لنموذج الحالة المستقرة، لم توجد على الإطلاق بداية: فقد كان للكون دائما مثل هذه الهيئة التي هو عليها الآن. واقترح نموذج الانفجار العظيم، على الجانب الآخر، أن الكون بدأ في لحظة زمنية محددة، في صورة انفجار غريب. والتنبؤات التي أقيمت بناء على نموذج الانفجار العظيم ثبت على الدوام صحتها، وبالتالي حظيت بالقبول عموما من معظم العلماء.

وطبقا للنسخة الحديثة من نموذج الانفجار العظيم، فإن مجمل الكون الملحوظ قد برز إلى الوجود قبل ما بين 13 و14 بليون سنة مضت. لماذا نقول «الملحوظ»؟ يعني تعبير «الكون الملحوظ» كل شيء لدينا دلائل على وجوده. فمن المحتمل وجود أكوان أخرى يتعذر الوصول إليها من خلال أدوات الحس أو الأجهزة التي نملكها. ويتوقع بعض العلماء، ربما من منطلق خيالي، أنه قد يكون هناك «كون متعدد»: «رغوة» فقاعية من

الأكوان، من بينها يكون كوننا مجرد «فقاعة» واحدة. أو ربما أن الكون الملحوظ ـ الكون الذي نحيا فيه، والوحيد الذي لدينا دلائل مباشرة على وجوده ـ هو الوحيد الذي له وجود. على أية حال، في هذا الفصل سنقتصر على تناول الكون الملحوظ. ويبدو أن بداية الكون الملحوظ كانت من خلال الانفجار العظيم، وهذا الحدث الكبير جرت وقائعه منذ 14 بليون عام.

سيقول لك بعض العلماء إن الزمن نفسه قد بدأ مع الانفجار العظيم، وينبغي ألّا نسأل بعد الآن عما حدث قبل الانفجار العظيم وإلا وجب علينا أن نسأل ما هو شمال القطب الشمالي. أتجد صعوبة في فهم ذلك؟ وكذلك أنا. لكنني أفهم، نوعا ما، دلائل وقوع الانفجار العظيم، ومتى حدث. وهذا ما سيتناوله هذا الفصل.

في البداية، أحتاج إلى توضيح ماهية المجرة. لقد رأينا، من خلال التمثيل بكرة القدم في الفصل السادس، أن النجوم تقع على مسافات هائلة يتعذر تصديقها من بعضها بعضًا مقارنة بالمسافات بين الشمس والكواكب الدائرة حولها. لكن، رغم هذه الأبعاد السحيقة التي تفصل بينها، فما تزال النجوم فعليا تشكِّل عناقيد معا على هيئة مجموعات، وهذه المجموعات تسمى مَجَرّات. وتشاهَد هذه المجرات من خلال تليسكوبات علماء الفلك «القوية» في صورة أشكال تتحرك لولبيًّا، وتتكوّن المجرة الواحدة منها فعليًّا من بلايين النجوم، وترصد أيضا سحب الغبار والغاز.

وشمسنا مجرد نجم واحد بين النجوم التي تصنع مجرة خاصة تسمى درب التبانة Milky Way. وقد اتّخذت هذا الاسم لأننا في الليالي المظلمة نحصل على منظر مكتمل لجزء منها. ونراها كأنها مسار أو شريط غامض أبيض بلون الحليب عبر السماء، وربما تبقى عاجزا عن رصدها لفترة طويلة، وتراها في هيئة سحابة واهنة حتى تتأكد منها ـ وعندما تصل إلى

ذلك، فلا بد أن التفكير سيفقدك القدرة على الكلام. ونظرا لأننا نقع في مجرة درب التبانة، فلا يمكن أن نراها قط في كامل تألقها. إذ إن الكون ـ كوننا الملحوظ ـ فضاء بالغ الاتساع.

انظر إلى المسألة المهمة التالية. من الممكن قياس المسافة بيننا وبين أي مجرة. كيف؟ كيف نعْرف بُعْد أي شيء في الكون عنّا؟ بالنسبة للنجوم القريبة تستخدم الطريقة المثلى ما يسمى «التغيير الظاهري للاتجاه». ارفع إصبعك أمام وجهك وانظر إليه والعين اليسرى مغلقة. والآن افتح العين اليسرى وأغلق اليمنى. استمر في تبديل فتح وإغلاق العينين، ستلاحظ أن الموضع الظاهري لإصبعك يثب من جانب إلى جانب. وذلك بسبب الفرق بين نقطتي الرؤية لعينيك الاثنتين. لو قرّبت إصبعك من الوجه، ستكون الوثبات أكبر. ولو أبعدت إصبعك ستصبح الوثبات أصغر. وكل ما تحتاج إلى معرفته هو المسافة بين العينين، كما يمكن حساب المسافة بين العينين والإصبع من خلال حجم الوثبات. تلك هي طريقة التغيير الظاهري للاتجاه في تقدير المسافات.

والآن بدلا من النظر إلى إصبعك، انظر إلى أحد النجوم في السماء أثناء الليل، قم بتبديل النظر من عين إلى عين. لن تجد أن النجم يثب من موضع إلى آخر على الإطلاق. إنه على بعْد سحيق. ومن أجل أن تجعل نجما «يثب» من جانب إلى آخر، فلابد أن تكون المسافة بين عينيك ملايين الأميال!. كيف نحقق تأثير تبديل العينين نفسه والمسافة بينهما ملايين الأميال؟ نستطيع الاستفادة من حقيقة أن قُطْر مدار الأرض حول الشمس يساوي 186 مليون ميل. ونقيس موضع نجم قريب، في مقابل خلفية نجوم أخرى. ومن ثمّ، بعد ستة أشهر، عندما تبتعد الأرض بمقدار 186 مليون ميل في الجانب المقابل لمدارها، نقيس الموضع الظاهري للنجم مرة أخرى. ولو كان النجم على مسافة قريبة كافية، بالتالي سـ«يَثِبُ» موضعه الظاهري.

ومن طول هذه الوثبة، سيتاح تقدير بُعْد هذا النجم عنّا بسهولة.

لسوء الحظ، بالرغم من هذا، لا تصلح طريقة الموضع الظاهري إلا مع النجوم القريبة. أما بالنسبة للنجوم البعيدة، ناهيك عن المجرات الأخرى، فإن «عينينا» التبادليتين بحاجة لمسافة بينهما أكبر كثيرا من 186 مليون ميل. ويتعين علينا البحث عن طريقة أخرى. وربما تظن أنه يمكن لك تنفيذ ذلك من خلال قياس مدى سطوع وميض المجرة: أتكون المجرة الأبعد على وجه اليقين أكثر خفوتا من أخرى قريبة؟ المشكلة هنا أنه قد تكون المجرتان في الواقع مختلفتين في درجة السطوع. وهذا يشبه تقدير مقدار المسافة التي عليها شمعة مضاءة. وإذا كانت بعض الشموع أكثر سطوعا من الأخرى، فكيف لك أن تعرف ما إذا كنت تنظر لشمعة مضيئة على البعد، أو لشمعة خافتة الضوء قريبة منك؟

لحسن الحظ، لدى علماء الفلك دلائل على أن بعض الأنواع الخاصة من النجوم من نمط ما يسمونه «شموع قياسية» - وهم على فهم بما يكفي لما يحدث في هذه النجوم ليعرفوا مدى سطوعها ـ ليس كما نراها نحن، لكن مدى سطوعها الفعلي، شدة الضوء (أو ربما أشعة إكس «السينية» أو بعض أنواع الإشعاع الأخرى التي نستطيع قياسها) قبل أن تبدأ رحلتها الطويلة إلى تليسكوباتنا. كما يعرفون طريقة تحديد نوع هذه «الشموع» الخاصة؛ وهكذا، بالإضافة إلى أنهم يستطيعون إيجاد واحد منها داخل المجرة على الأقل، ويمكن لعلماء الفلك استخدامه، بمساعدة حسابات رياضية متقنة، لتقدير المسافة التي تبعدها المجرة.

وهكذا لدينا طريقة الموضع الظاهري لقياس المسافات القصيرة جدًّا؛ كما أن هناك «سُلَّما»، لو جاز القول، لأنواع متباينة من الشموع القياسية يتيح لنا استخدامها قياس مدى من المسافات الهائلة الآخذة في التزايد، تمتد حتى إلى المجرات سحيقة البعد.

حسنٌ، وهكذا نعرف الآن ماهية المجرة، وكيف نقيس بُعدها عنّا. وبالنسبة للخطوة التالية في هذا التناول، سنكون بحاجة إلى الاستفادة من طيف الضوء، الذي التقيناه في الفصل السابع المتعلق بقوس قزح. وكان قد طُلِب مني ذات مرة أن أُسهم بكتابة فصل في كتاب كان العلماء مدعوِّين فيه لاقتراح اسم أكثر الاختراعات أهمية على الإطلاق. كان أمرا مسليًّا، لكنني تركته إلى وقت متأخر قبل الانضمام إلى الحفل وبدأ فعليًّا استعراض جميع الاختراعات الواضحة: العجلة، آلة الطباعة، التليفون، الكمبيوتر وهكذا. وبالتالي اخترت آلة كنت على يقين تام أنه لن يختارها شخص آخر، وأنها بالتأكيد بالغة الأهمية على الرغم من أنك ربما لا تجد بسهولة من استخدمها ذات مرة (ولابد أن أعترف بأنني لم استخدمها قط بنفسي). وقع اختياري على منظار الطيف (الإسبكتروسكوب).

ومنظار الطيف هو آلة لقوس قزح. فإذا تمّ توصيله بتليسكوب، يستقبل الضوء القادم من نجم معين أو مجرة ويبثّه على هيئة خطوط طيف، تماما كما فعل نيوتن مع الموشور الزجاجي. لكنه أكثر تعقيدا من موشور نيوتن، لأنه يتيح لك إجراء قياسات دقيقة على طول الطيف المنثور لضوء النجم. قياسات لماذا؟ ما الذي يوجد في قوس قزح وينبغي قياسه؟ حسنٌ، هذه في الحقيقة هي نقطة بدء الإثارة. فالضوء القادم من نجوم متباينة يسفر عن «أقواس قزح» تختلف نوعياتها من جوانب عديدة، ولعل ذلك ينبئنا بالكثير عن النجوم.

هل يعني ذلك أن ضوء النجم يمتلك تنوعا كاملا من ألوان جديدة غريبة، ألوان لم نشاهدها أبدا على كوكب الأرض؟ كلا، أبدا بالتأكيد. فأنت بالفعل قد شاهدت، على كوكب الأرض، جميع الألوان التي تقدر عيناك على رؤيتها. هل تجد ذلك مدعاة لخيبة الأمل؟ لقد أحسست أنا

بذلك، في أول مرة فهمت هذا. عندما كنتُ طفلا، وقعت في غرام كتب الدكتور دوليتل Doctor Dolittle لمؤلفها هيو لوفتنج Hugh Lofting. في واحد من هذه الكتب طار الدكتور إلى القمر، وافتتن بالتحديق في مدى جديد كامل من الألوان، لم ترها من قبل عينا إنسان أبدا. كنت أعشق هذه الفكرة. وكانت بالنسبة لي تعادل فكرة أن أرضنا الأليفة لنا لا يمكن أن يكون لها مثيل في الكون. ولسوء الحظ، بالرغم من أنّ للفكرة قيمتها، لم تكن القصة واقعية ـ لا يمكن أن تكون واقعية. ويأتي هذا من اكتشاف نيوتن أن الألوان التي نراها جميعا محتواة في الضوء الأبيض وأنها تتكشّف كلها حين يتولى موشور تفريق اللون الأبيض. ولا توجد ألوان خارج هذا المدى اعتدنا عليها. وقد يكتشف الفنانون أي عدد من التدرجات اللونية المختلفة والظلال، ولكنها جميعا تتكون من عمليات خلط مكوِّنات الألوان الأساسية للضوء الأبيض. والألوان التي نشاهدها داخل رؤوسنا هي في حقيقة الأمر مجرد علامات يصنعها المخ لتمييز الضوء بمختلف الأطوال الموجية. ولقد التقينا فعليًّا بالمدى الكامل للأطوال الموجية هنا على الأرض. وليس لدى القمر أو لدى النجوم أي أشياء يقدمونها تدعو للدهشة تخص الألوان. للأسف.

وبالتالي ما الذي كنت أقصده عندما قلت إن النجوم المختلفة تنتج أقواس قزح مختلفة، باختلافات نستطيع قياسها باستخدام مقياس الطيف؟ حسنٌ، لقد ثبت أنه عندما يتم تفريق ضوء نجمي بواسطة مقياس للطيف، تظهر أشكال غريبة من خطوط سوداء رفيعة في أماكن خاصة جدًّا على طول خطوط الطيف، أو في بعض الأحيان لا تكون الخطوط سوداء بل تكون ملوّنة، والخلفية سوداء. ونموذج الخطوط يشبه الباركود الذي تراه عند شرائك لسلع من المحلات والذي يحدّد سعرها. ولدى النجوم المتباينة نفس قوس قزح مع نماذج مختلفة من الخطوط التي تتخللها ـ وهذا النموذج يكون فعليا على هيئة الباركود، لأنه ينبئنا بأشياء كثيرة عن النجم وعن مكوّناته.

وليس ضوء النجوم فقط هو الذي يعرض خطوط الباركود. فالأضواء الموجودة على الأرض أيضا تعرضها، وبالتالي نتمكن، في المعمل، من بحث سبب تكوينها. وثبت أن ما يصنع هذه الأكواد الخطيّة هي العناصر المختلفة. فللصوديوم، على سبيل المثال، خطوط مميزة في الجزء الأصفر من الطيف. وضوء الصوديوم (الناتج عن قوس كهربي في بخار الصوديوم) يتوهّج بلون أصفر. والسبب في ذلك يفهمه علماء الفيزياء، وليس أنا لأنني عالم في البيولوجيا لا يفهم نظرية الكَمّ.

عندما ذهبت إلى المدرسة في سالزبوري جنوبي إنجلترا، أذكر أنني كنت أُفتَن تمامًا بالمنظر الغريب لغطاء الرأس المدرسي الأحمر الزاهي الذي أرتديه ما أن يقع عليه الضوء الأصفر لمصابيح الشارع. وقتها كان لونه الأحمر يتحول إلى بني مائل للاصفرار. كان الشيء نفسه يحدث لسيارات الأتوبيس الحمراء الزاهية ذات الطابقين. وكان هذا هو السبب. شأن العديد من المدن الإنجليزية في تلك الأيام، كانت سالزبوري تستخدم لمبات بخار الصوديوم لإنارة شوارعها. والتي تصدر عنها أضواء في مدى ضيق فقط من خطوط الطيف الذي تشمله خطوط الصوديوم المميزة، وبقدر كبير توجد أزهى خطوط الصوديوم في اللون الأصفر. تتوهج أضواء الصوديوم بضوء أصفر نقي، يختلف كثيرا عن اللون الأبيض لضوء الشمس أو المائل للاصفرار الغائم للمصابيح الكهربية الشائعة. ونظرا لعدم وجود لون أحمر على الإطلاق في الأضواء الصادرة عن لمبات الصوديوم، فلم يكن بالإمكان انعكاس لون أحمر من غطاء رأسي، وإذا كنتَ تتعجب ما الذي يجعل غطاء رأس أو سيارة أتوبيس، بلون أحمر في المقام الأول، فالإجابة أن جزيئات الصبغة، أو الرسم، تمتص معظم الضوء من جميع الألوان فيما عدا الأحمر. وبالتالي في الضوء الأبيض، الذي يحتوي على جميع الأطوال الموجية، يكون الانعكاس في معظمه

للضوء الأحمر. وتحت مصابيح الشوارع المضاءة ببخار الصوديوم، لا يوجد ضوء أحمر لينعكس ـ ولذلك نرى ضوءا بنيًّا مائلا للاصفرار.

والصوديوم مجرد مثال واحد. وسوف تتذكر من الفصل الرابع أن كل عنصر له «عدده الذري» المتفرد، ويساوي عدد البروتونات في نواته، (وكذلك عدد الإلكترونات التي تدور حول نواته). حسنٌ، ولأسباب تتعلق بمدارات إلكتروناته، فلكل عنصر تأثيره المتفرد على الضوء. متفرد مثل أي باركود... في الواقع، الباركود خير ممثل لشكل الخطوط في طيف ضوء النجم. وتستطيع أن تحدد اسم أي عنصر من الـ 92 عنصرا طبيعيا الموجودة في نجم معين عن طريق تفريق الضوء القادم من هذا النجم في مقياس للطيف ومشاهدة خطوط الباركود في الطيف.

ونظرا لأن لكل عنصر نموذج باركود مختلف (مميز)، نستطيع مشاهدة الضوء الصادر من أي نجم ونرى أي العناصر الموجودة في ذلك النجم. ولابد أن نقر أننا قد نقع في شرك لأن باركود عناصر عديدة مختلفة ربما تختلط معا. لكن هناك وسائل لتصنيف كل عنصر منها على حدة. يا له من أداة مدهشة هذا المقياس الطيفي!

وربما يكون الوضع أفضل. فطيف الصوديوم الذي قد نقيسه في الضوء الصادر من مصابيح أحد الشوارع في سالزبوري يماثل تماما ما يصدر من نجم ليس على مسافة كبيرة جدًّا منّا. ومعظم النجوم التي نشاهدها ـ على سبيل المثال، في كوكبة البروج المعروفة لدينا تماما ـ تقع في مجرتنا. لكن إذا نظرتَ إلى طيف الصوديوم القادم من نجم في مجرة أخرى، ستحصل على صورة مختلفة فاتنة. فضوء الصوديوم الذي يصل إلينا من مجرة بعيدة له نفس شكل الخطوط، بنفس المسافات التي تفصل بينها. لكن النموذج بأكمله يكون مزاحا في اتجاه الطرف الذي يقع فيه اللون الأحمر للطيف. كيف لنا بالتالي أن نعرف أنه لا يزال عنصر الصوديوم؟ والإجابة

أنه بسبب أن نموذج المسافات بين الخطوط هو نفس النموذج. وربما لا يبدو ذلك مقنعا بصورة إجمالية إذا كان قد حدث فقط مع الصوديوم. غير أنه قد تكرر حدوثه بنفس الطريقة مع كل العناصر. وفي كل حالة نشاهد نفس الشكل بنفس المسافات، المميزة للعنصر المحدد، لكن مع إزاحته كليًّا على امتداد الطيف في اتجاه الطرف الأحمر. أكثر من هذا، بالنسبة لمجرة معينة، تنزاح جميع خطوط الباركود بنفس المسافة على امتداد مسار الطيف.

وإذا نظرت إلى باركود الصوديوم لضوء قادم من مجرة قريبة منّا نوعا ما ـ على درجة من القرب مقارنة بالمجرات سحيقة البُعْد عنّا والتي تحدثتُ أنا عنها في الفقرة السابقة لكنها أكثر بُعْدا من النجوم المنتظمة في مجرتنا درب التبانة ـ فسوف ترى إزاحة من نوع متوسط. ترى نفس النموذج بفواصله، التي هي سمة مميِّزة للصوديوم، لكن إزاحتها ليست كبيرة. وسيزاح الخط الأول على طول مسار الطيف بعيدا عن الأزرق الغامق، لكن ليس بدرجة بُعْد الأخضر: فقط بدرجة بُعْد الأزرق الفاتح. بينما الخط الأصفر المسؤول عن اللون الأصفر لمصابيح الشوارع في سالزبوري يكون مزاحا في نفس الاتجاه، في اتجاه الطرف الأحمر للطيف، لكن دون أن يقطع المسافة كلها حتى يصل للون الأحمر شأن ما يحدث للضوء القادم من مجرة بعيدة: بل مسافة قصيرة حتى اللون البرتقالي.

الصوديوم ليس إلا مثالًا مجردًا وحيدًا. وأي عنصر آخر يعرض نفس الإزاحة على طول خطوط الطيف في اتجاه اللون الأحمر. وكلما ابتعدت المجرة، زادت الإزاحة صوب اللون الأحمر. وتسمى هذه «إزاحة هابل Hubble shift»، لأنه تم اكتشافها على يد عالم الفلك الأمريكي الكبير إدوين هابل Edwin Hubble، الذي منح اسمه أيضا، بعد وفاته، إلى

تليسكوب هابل. وتسمى أيضا «إزاحة حمراء»، لأنها تكون على امتداد الطيف في اتجاه اللون الأحمر.

عودة إلى الانفجار العظيم

ما معنى الإزاحة الحمراء؟ من حسن الحظ أن لدى العلماء فهما جيدا لها. إنها مثال على ما يسمى «إزاحة دوبلر Doppler shift». وتحدث إزاحة دوبلر هذه طالما كان لدينا موجات ـ والضوء، كما شاهدنا في الفصل السابق، يتكوّن من موجات. وغالبا ما يسمى «تأثير دوبلر» وهو أكثر شيوعا لدينا من موجات الصوت. عندما تكون واقفا على جانب طريق تلاحظ السيارت تمرق بسرعة كبيرة، يبدو صوت موتور كل سيارة كأنه يهوي في قرار وهي تمر أمامك. وأنت تعلم أن صوت الموتور يظل فعليًّا كما هو، وبالتالي لماذا يبدو كأنه يهوي؟ الإجابة تكمن في إزاحة دوبلر، وفيما يلي تفسير ذلك.

ينتقل الصوت في الهواء على شكل موجات هواء متغيرة التضاغط. وعندما تستمع إلى صوت موتور سيارة ـ أو لنقُل بوقًا، لأنه أكثر بهجة من صوت موتور، تنتقل موجات الصوت في الهواء من مصدرها الذي انطلقت منه في جميع الاتجاهات. ويتصادف أن تقع أذنك في واحد من تلك الاتجاهات، فتلتقط التغيرات الحادثة في الهواء المضغوط الناتج عن البوق، ويسمعها مخك في صورة صوت. لا ينبغي عليك أن تتخيل أن جزيئات الهواء تتدفق من البوق على طول المسافة إلى أُذُنك. فليس الأمر كذلك على الإطلاق: وإلا لاعتبرناها رياحا، والرياح تنتقل في اتجاه واحد فقط، بينما موجات الصوت تنتقل في كل الاتجاهات، مثل الموجات على سطح بحيرة عندما تُلقى حصاة فيها.

من أيسر أنواع الموجات فهمًا ما يدعى الموجات المكسيكية، وفيها

يقف الناس في استاد رياضي كبير ثم يجلسون مرة أخرى بانتظام، وكل شخص يفعل ذلك مباشرة بعد الشخص الموجود على أحد جانبيه (وليكن الجانب الأيسر). أي الوقوف والجلوس وفق موجة لحركتي الوقوف ثم الجلوس برشاقة في أرجاء الاستاد. وبالتأكيد لا ينتقل أحد من مكانه، ومع ذلك تنتقل الموجة. وفي حقيقة الأمر تنتقل الموجة على نحو أسرع بكثير من قدرة أي شخص على العدو.

إن ما ينتقل في بركة الماء هو موجة من الارتفاعات المتغيرة في سطح الماء. والشيء الذي يصنع منها موجة أن جزيئات الماء لا تندفع بنفسها إلى خارج الفقاعة. فهي لا تفعل شيئا إلا مجرد الصعود والهبوط، كما الناس في الاستاد. فلا شيء يتحرك خارجا من الفقاعة. والأمر يبدو على هذه الصورة فقط لأن النقاط العليا والسفلى للماء تتحرك إلى الخارج.

أما موجات الصوت فهي مختلفة نوعا ما. فما ينتقل في حالة الصوت هو موجات لهواء متغير التضاغط. وهنا جزيئات الهواء تتحرك لحد ما، ذهابا وإيابا، بعيدا عن البوق، أو أيًّا كان مصدر الصوت، ثم عائدة إليه من جديد. وبينما تفعل ذلك، تؤثر على جزيئات الهواء المجاورة لها لتجعلها تتحرك للأمام والخلف أيضا. وتقوم تلك الجزيئات بدورها بالتأثير على جاراتها وتكون النتيجة أن موجة من التأثير الجزيئي ـ التي تصل إلى حد موجة من التضاغط المتغيرـ تنتقل خارجة من البوق في كل الاتجاهات. وتنتقل هذه الموجة بسرعة ثابتة، بصرف النظر عما إذا كان مصدر الصوت بوقا أو شخصا يتحدث أو سيارة، ويساوي نحو 768 ميلا في الساعة في الهواء الطلق (في الماء أسرع بمقدار أربعة أضعاف، وحتى أسرع من ذلك في بعض المواد الصلبة). وإذا كنت تنفخ في بوق لديك لحنا معينا بقوة سيظل انتقال الموجات خلاله بنفس السرعة، لكن تصبح المسافة بين قمم الموجات (طول الموجة) أقل طولا. وبأداء لحن ضعيف، تزداد المسافة

بين قمم الموجات لكن تستمر سرعة الموجات كما هي من دون تغيير. وبالتالي تكون للألحان القوية أطوال موجية قصيرة والعكس بالعكس.

ذلك هو حال موجات الصوت. والآن نأتي إلى تأثير أو إزاحة دوبلر. لنتخيل أن عازف بوق يقف على جانب تل مغطى بالجليد يؤدي لحنا طويلا، متصلا. وأنت تقف على زلاجة تقودها بسرعة منطلقا صوب العازف (أنا اخترت الزلاجة وليس سيارة لأنها ملائمة - لانخفاض صوتها أثناء استخدامها - لكي تستمع إلى البوق). ماذا ستسمع؟ تغادر القمم الموجية المتتالية البوق بمسافات متباعدة عن بعضها بعضًا، محددة من قبل اللحن الذي اختار أن يؤديه العازف. لكن عندما تكون منطلقا بسرعة في اتجاه العازف، تتخاطف أذناك القمم الموجية المتتابعة بمعدل أعلى مما لو كنت لا تزال تقف على قمة التل. وبالتالي سيكون صوت البوق أعلى من حقيقته. حينئذ، بعد أن انطلقت مسرعا في الاتجاه المعاكس لعازف البوق، سوف تصطدم أذناك بالقمم الموجية المتتالية للصوت بمعدل بطيء (ستبدو كأن المسافات بينها قد زادت، لأن كل قمة تنتقل في نفس اتجاه حركة الزلاجة)، لذلك سيكون القرار الظاهري للحن أقل من حقيقته. ونصل إلى النتيجة نفسها إذا كانت الأذن ثابتة في مكانها بينما مصدر الصوت يتحرك. ويقال (أنا لا أعرف مدى صدق ذلك، لكنها قصة طريفة) إن كريستيان دوبلر Christian Doppler، العالم النمساوي الذي اكتشف هذا التأثير، استأجر فرقة موسيقية نحاسية للعزف على قاطرة مكشوفة، ليصل إلى هذا التفسير. واللحن الذي كانت تعزفه الفرقة سقط فجأة في طبقة صوتية أدنى والقطار يمر أمام الجمهور المذهول.

غير أن موجات الضوء مختلفة عن ذلك - في الواقع ليست كموجة مكسيكية، كما أنها ليست مثل موجات الصوت. بل إن لديها نسختها الخاصة لتأثير دوبلر. لنتذكر أن الطرف الأحمر لخطوط الطيف يتميز بأطوال موجيّة أكبر من الطرف الأزرق، بينما اللون الأخضر يحتل

المنتصف. ولنفترض أن أفراد الفرقة الموسيقية على قاطرة دوبلر الحديدية المكشوفة يرتدون جميعا أزياء موحدة، صفراء اللون. فإذا كان القطار يشق طريقه مسرعا في اتجاهك، فسوف «تلتهم» أذناك القمم الموجية بمعدل أسرع مما لو كان القطار لا يزال واقفا. وبالتالي تكون هناك إزاحة ضئيلة في لون الزيّ الموحد في اتجاه الجزء الأخضر لخطوط الطيف. والآن، إذا وصل القطار أمامك وراح ينطلق بعيدا عنك، لحدث العكس، وبدت أزياء فريق العازفين مائلة للإحمرار نوعا ما.

على أن هناك شيئا ما واحدا خاطئ في هذا التفسير. فلكي يتاح لك ملاحظة الإزاحة الزرقاء أو الإزاحة الحمراء يتعيّن ألّا تقل سرعة القطار عن ملايين الأميال في الساعة. والقطارات في أي مكان لا تستطيع السير بسرعة تتيح إظهار تأثير أو إزاحة دوبلر على الألوان. لكن يمكن تحقيق ذلك من خلال المجرات. وتبين إزاحة خطوط الطيف في اتجاه اللون الأحمر أن المجرات سحيقة البعد عنا تنطلق بعيدا عن الأرض بسرعة تقدر بمئات الملايين من الأميال في الساعة. وأن النقطة الأساسية هي أنه كلما زاد بُعْدها عنّا (كما يقاس بـ «الشموع القياسية» التي سبق ذكرها) زادت سرعة انطلاقها بعيدا عّنا (أي زادت الإزاحة الحمراء).

وجميع المجرات في الكون تنطلق بعيدا عن بعضها بعضًا، وهو ما يعني أنها تبتعد عنّا أيضا. ولا يهم الاتجاه الذي تصوب له تليسكوبك، فالمجرات الأكثر بعدا تندفع بعيدا عّنا (وعن بعضها بعضًا) بسرعة آخذة في التزايد. والكون بأكمله ـ الفضاء بذاته ـ يتمدد بسرعة هائلة.

في تلك الحال، قد تتساءل، لماذا فقط عند مستوى المجرات يلاحَظ أن الفضاء يتمدد؟ لماذا لا تندفع النجوم داخل المجرة بالانطلاق بعيدا عن بعضها بعضًا؟ لما لا تندفع أنت أو أنا بعيدا أحدنا عن الآخر. الجواب هو أن عناقيد من الأجسام القريبة من بعضها البعض، مثل كل ما هو داخل

مجرة، تخضع لقوة التجاذب الأكبر الناجمة عن جاذبية جاراتها. وهي التي تضمها معا، بينما الأجسام البعيدة، المجرات الأخرى، تتراجع مع تمدد الكون.

والآن هنا ما يبعث على الدهشة، تطلع علماء الفلك ووجهوا جهودهم عكسيًّا من خلال الزمن. حتى إنهم صنعوا فيلمًا سينمائيًّا للكون المتمدد، بالمجرات التي تندفع متباعدة، ثم أداروا الفيلم في الاتجاه العكسي. وبدلا من انطلاق إحداها بعيداً عن الأخرى، تتقارب المجرات في الفيلم المُدار عكسيًّا. ومن ذلك الفيلم يستطيع علماء الفلك إجراء حسابات عكسية وصولًا إلى اللحظة التي لابد أن الكون بدأ يتمدد عندها. حتى أصبح بمقدورهم حساب متى كانت تلك اللحظة. وتلك هي الطريقة التي قدّروا بها أن عمره ما بين 13 إلى 14 بليون سنة. وتلك كانت اللحظة التي بدأ فيها الكون اللحظة التي تسمى «الانفجار العظيم».

«نماذج» الكون في هذه الأيام تفترض أن الكون لم يكن هو الذي نشأ لوحده فقط مع الانفجار العظيم: فقد نشأ معه أيضًا الزمان والمكان أيضا. ولا تسألني عن تفسير ذلك، فأنا نفسي، لأنني لست عالِما في الفلك، لا أفهمه. لكنك ربما ترى الآن سبب أنني رشحت مقياس الطيف باعتباره واحدا من أهم الاختراعات على الإطلاق. فأقواس قزح ليست مجرد أشكال جميلة يُمتعنا النظر إليها. بل إنها، على نحو ما، هي ما يُنبئُنا عن توقيت بداية كل شيء، بما فيه الزمان والمكان. وفي اعتقادي أن ذلك يجعل قوس قزح أكثر جمالا.

الفصل التاسع
هل نحن بمفردنا؟



لا أجد ـ في حدود ما أعلم حتى الآن ـ أن هناك عددا يُذكَر من الأساطير القديمة عن حياة مختلفة في مكان ما من الكون، هذا إن كانت هناك أساطير عن ذلك أصلًا. ربما بسبب أن الفكرة الخاصة جدًّا عن وجود كون أكبر بما لا يقاس، بخلاف عالمنا، لم تكن موجودة طوال تلك المدة. واقتضى الأمر من العلماء البقاء حتى القرن السادس عشر ليدركوا بوضوح أن الأرض تتخذ مدارًا حول الشمس، وأن هناك كواكب أخرى تفعل ذلك أيضا. لكن في ما يخص المسافةِ وعدد النجوم، ناهيك عن المجرات الأخرى، فقد كانت أمورا مجهولة لم تخطر على بالٍ حتى العصور الحديثة نسبيًّا. ولم يمضِ وقتٌ طويلٌ حتى تحقق الناس للمرة الأولى من أن الاتجاه الذي نعتبره مستقيما نحو الأعلى في جزء معين من العالم (مثلا بوميو Bomeo) هو مستقيم نحو الأسفل في جزء آخر من العالم (في هذه الحال البرازيل). وقبل ذلك، كان الناس يعتقدون أن تعبير «نحو الأعلى» هو اتجاه واحد في كل مكان، صوب المكان الذي يعيش فيه الآلهة، «عاليا» في السماء.

وثمة العديد من الأساطير والمعتقدات التي دامت زمنا طويلا، دارت حول كائنات خارجية غريبة في متناول اليد: شياطين، أرواح، جان، أشباح... والقائمة مستمرة. لكن في هذا الفصل، عندما أسأل: «هل نحن بمفردنا؟» فأنا أعني «هل هناك أشكال غريبة من الحياة في عوالم أخرى تشغل مكانا آخر من الكون؟» وكما سبق وقلت، إن الأساطير حول

الغرباء بهذا المعنى نادرة بين القبائل البدائية. وجميعها تتميز بالشيوع الشديد، رغم هذا، بين السكان الجدد للمدن. وتتسم هذه الأساطير الحديثة بالإثارة لأننا ـ بخلاف الأساطير القديمة ـ نستطيع مراقبتها وهي في مستهل نشأتها. فنحن نرى الأساطير وهي ترد في الأحلام أمام أعيننا. لذلك ستكون أساطير هذا الفصل من النوع الحديث.

في مارس 1997 في كاليفورنيا حدث أن طائفة دينية تدعى بوابة السماء Heaven's Gate – انتهت نهاية حزينة عندما تناول أعضاؤها الـ 39 السم. وقد قتلوا أنفسهم لأنهم كانوا يعتقدون أن UFO من الفضاء الخارجي سيأخذ أرواحهم إلى عالم آخر. وفي هذا الوقت كان مذنَّب متألق يدعى هيل ـ بوب Hale-Bopp يظهر بوضوح في السماء واعتقدت الطائفة ـ لأن زعيمهم الروحي قال لهم ذلك ـ أن مركبة فضاء خارجية كانت ترافق المذنَّب في رحلته. وابتاعوا تليسكوبا لمراقبته، لكنهم أعادوه للمتجر مرة أخرى بسبب أنه «لا يعمل». كيف عرفوا أنه لا يعمل؟ لأنهم لم يتمكنوا من رؤية مركبة الفضاء من خلاله!

هل كان زعيم الطائفة، وهو رجل يسمى مارشال أبلوايت Marshal Applewhite، يؤمن حقا بالهراء الذي يُعلِّمه لأتباعه؟ ربما كان يعتقد، لأنه كان واحدا من أولئك الذين تجرّعوا السم، حتى يبدو كرجل صادق! والكثير من زعماء الطوائف الدينية يمارسون العمل من منطلق البيزنس فقط، حتى إنه يستطيع أن يتحصل على امتلاك أتباعه من الإناث، لكن مارشال أبلوايت كان واحدا من كثير من أتباع الطائفة الذين تمّ إخصاؤهم برغبتهم في فترة مبكرة، وبالتالي ربما لم يكن الجنس يشغل أي اهتمام في تفكيره.

أحد الأمور التي يبدو أنها تشيع بين هؤلاء الناس لأقصى درجة هو حبهم لقصص الخيال العلمي. وكان برنامج Star Trek يستحوذ على

اهتمام أعضاء طائفة بوابة السماء. بطبيعة الحال، ليس هناك تقصير من جانب قصص الخيال العلمي بشأن الغرباء من كواكبَ أخرى، لكن معظمنا يدركون أنها ليست سوى قصص خيالية، وهمية، ومخترعة، ولا تعبر عن أحداث وقعت بالفعل. لكن هناك عددًا لا بأس به من الناس، يعتقدون بحزم، مخلصين وبلا تردد، أنهم قد وقعوا شخصيًّا في الأسر «تعرضوا للخطف» على يد غرباء من الفضاء الخارجي. وهم في اعتقادهم هذا شديدو الحماس إلى حد أنهم يقولون ذلك مع «أدلة» لا يشوبها أيُّ شك.

كان أحد الناس، على سبيل المثال، يعتقد أنه قد تعرض للخطف، لا لسبب سوى أنه دائما ما يصاب بنزيف من أنفه. واعتمدت نظريته على أن الغرباء كانوا يضعون جهاز إرسال يعمل بموجات الراديو في أنفه للتجسس عليه. كما كان يعتقد أنه من جانب قد يكون هو نفسه من الغرباء بناء على أن لونه أغمق قليلا من لون والديه. الغريب في الأمر أن عددًا لا يستهان به من الأمريكيين، كثير من بينهم في حالة طبيعية، يعتقدون على نحو جازم أنهم أُخِذوا على متن طبق طائر وأنهم كانوا ضحايا تجارب مروِّعة أجراها رجال قصار القامة بلون رمادي ورؤوس كبيرة وعيون هائلة جاحظة. وهناك ميثولوجيا كاملة عن «الخطف على يد الغرباء»، على قدر من الثراء والتلوّن والتفاصيل يعادل ما كان لدى اليونانيون القدماء وآلهة جبل الأولمب. غير أن هذه الأساطير عن عمليات اختطاف الغرباء للناس هي أساطير حديثة، وتستطيع بالفعل أن تذهب وتتحدث إلى الناس الذين يعتقدون أنهم تعرضوا للاختطاف، ستجد بوضوح أنهم أناس طبيعيون، عاقلون، حكماء، ومع ذلك سيقولون لك إنهم شاهدوا الغرباء وجها لوجه، وسيخبرونك عن الهيئة التي عليها الغرباء فعليًّا، وما يقولونه أثناء إجراء تجاربهم البغيضة وغرز الإبر في الناس (بالطبع يتحدث الغرباء اللغة الإنجليزية!).

سوزان كلانسي Susan Clancy واحدة من علماء النفس الذين أجروا دراسات تفصيلية عمن يزعمون أنهم تعرضوا للاختطاف. لا توجد لديهم جميعا ذكريات واضحة، أو حتى أي ذكرى على الإطلاق، عن «الحدث». وهم يعللون ذلك بالقول إن الغرباء لابد أنهم استخدموا تكنيكًا شيطانيًا بدرجة ما لمحو ذاكرتهم تماما بعد الانتهاء من تجاربهم على أجسادهم.. وفي بعض الأحيان يذهبون إلى منوم مغناطيسي، أو إلى معالج نفسي من نوع ما، ليساعدهم على «استعادة ذكرياتهم المفقودة».

استعادة الذاكرة «المفقودة» قصة أخرى كاملة، بالمناسبة، تتسم بالإثارة بكل تفاصيلها. عندما نعتقد أننا نتذكر حادثة حقيقية، فلربما نتذكر فقط ذكرى أخرى... وهكذا نعود إلى ما يمكن أن تكون أو لا تكون حادثة حقيقية من الأصل. ويمكن لذكريات الذكريات أن تصبح مشوَّهة باستمرار. وهناك دلائل قوية على أن بعض ذكرياتنا المفعمة بأقصى حيوية ليست إلا ذكريات زائفة تماما. ويمكن أن تنزرع في داخلنا بشكل عمدي ذكرياتنا الزائفة على يد «معالجين» لا ضمير لهم.

تساعدنا متلازمة الذاكرة الزائفة على الأقل في فهم السبب في أن بعض الناس الذين يعتقدون أنهم تعرضوا للاختطاف على يد غرباء يزعمون أن لديهم مثل هذه الذكريات الحية عن الحادث. وما يحدث عادة أن يقع الشخص أسيرًا للغرباء من خلال قراءة قصص في الصحف حول عمليات اختطاف مزعومة أخرى.

وكما قلتُ، دائما ما يكون هؤلاء الناس من مشاهدي Star Trek، أو غيره من روايات الخيال العلمي. ومن الحقائق الصادمة أن الغرباء الذين يعتقدون أنهم التقوا بهم يتخذون هيئة تشبه لحد بعيد الوجوه الواردة في معظم قصص الخيال العلمي التليفزيونية الحديثة حول الغرباء، وعادة ما يجرون النوع نفسه من «التجارب» التي تُعرض أخيرًا في التليفزيون.

والشيء الثاني الذي قد يحدث أن الشخص يُبتلى بواقعة مرعبة تسمى شلل النوم، وهي ليست شائعة الحدوث. وربما جربتها أنت بنفسك، وفي هذه الحال أتمنى أن تكون أقل رعبًا بشكل ما عندما تحدث لك في المرة التالية ما إن أشرحها لك الآن. في العادة، عندما تكون نائما وتستغرق في حلم، يكون جسمك في حالة شلل. وأظن أن هذا لإيقاف عضلاتك عن الحركة في تناغم مع الأحلام مما يجعلك تمشي أثناء النوم (رغم أن هذا يحدث فعليًّا، في بعض الأحيان). وفي العادة، عندما تستيقظ وينتهي الحلم يذهب الشلل وتستطيع تحريك عضلاتك.

لكن أحيانا تكون هناك فترة تأخير ما بين عقلك في عودته إلى الوعي وعضلاتك لاستعادة حيويتها، ويسمى هذا بالشلل المصاحب للنوم. إنه لأمر مرعب، إذا استطعت أن تتخيلْه. إذ تكون في إحدى درجات اليقظة، ويمكنك رؤية حجرة النوم وكل ما فيها، لكنك عاجز عن الحركة. وغالبا ما يكون شلل النوم مصحوبا بهلاوس تبعث على الرعب. ويشعر الناس أنهم أسرى إحساس بالخطر الداهم، لا يقدرون على تحديد اسم له. حتى إنهم أحيانا يشاهدون أشياء لا وجود لها، كما لو أنها في حلم. وأيضا كما في الحلم، تبدو للحالم أنها حقيقية تمامًا.

والآن، إذا كنت ستصاب بالهلاوس عندما تعاني من شلل النوم، فما هو الشكل الذي قد تظهر به هذه الهلاوس؟ إن مشاهدي قصص الخيال العلمي الجدد قد يرون رجالا قصار القامة غامقي اللون برؤوس ضخمة وعيون كبيرة جاحظة. في القرون الأولى، قبل أن تبدأ قصص الخيال العلمي، كان أصحاب الرؤى يشاهدون، ربما، عفاريت وجان من نوع آخر، أو أشخاصا تحوّلوا إلى ذئاب؛ مصاصي دماء، أو - إن كانوا محظوظين - ملائكة بأجنحة جميلة.

المسألة أن الصور التي يراها الناس الذين يصابون بشلل النوم لا وجود

لها في الواقع هناك، لكن يتم استدعاؤها في العقل من المخاوف القديمة، والأساطير والقصص الخيالية. وحتى لو لم يعانوا من الهلاوس، فما يمرون به وضع مخيف لحد بالغ، حتى إن ضحايا شلل النوم بعد استيقاظهم في نهاية المطاف يعتقدون غالبا أن شيئا ما مرعبا قد حدث لهم. فإذا كنتُ ممن يعتقدون أصلا في عمليات الاختطاف على يد الغرباء فإنني أستيقظ معتقدا أنني تعرضت للاختطاف وأن ذاكرتي محاها الغرباء تماما.

الأمر الثاني الذي يحدث على نحو نموذجي لضحايا شلل النوم، حتى لو لم يعانوا فعليًّا من هلاوس الغرباء وهذه التجارب الرهيبة في الوقت الراهن، هو إعادة التشكيل المرعبة لما يشكُّون في أنه قد يحدث، ويصبح وضعًا راسخًا كذاكرة زائفة. وغالبًا ما يساعد على هذه العملية الأصدقاء والأسرة، الذين يستحثونهم لرواية المزيد والمزيد من التفاصيل عما حدث، وحتى إنهم يحفزونهم بأسئلة من نوع: «هل ثمة غرباء هناك؟ ما لونهم؟ هل كانوا من ذوي اللون الغامق؟ هل كانت لهم عيون جاحظة كما في أفلام السينما؟ ويمكن حتى للأسئلة أن تكون كافية لتزرع أو تُرسِّخ ذاكرة زائفة. وعندما تنظر إليها على هذا النحو، لن يكون من المثير للدهشة أن استطلاعا للرأي أُجري عام 1992 أظهر أن نحو أربعة ملايين أمريكي يعتقدون أنهم تعرضوا للاختطاف على يد غرباء.

تشير صديقتي عالمة النفس سو بلاكمور Sue Blackmore إلى أن شلل النوم هو السبب الأكثر احتمالا لحدوث المخاوف المتخيَّلة المبكرة، أيضا، قبل أن تشيع فكرة غرباء الفضاء. وفي العصور الوسطى كان الناس يزعمون أن روحا شريرة تقوم بزيارتهم في منتصف الليل (عفريت ذكر يزور ضحية أنثى ويمارس معها الجنس)، أو تزورهم شيطانة (عفريت أنثى تزور ضحية ذكرا تمارس معه الجنس). ومن تأثيرات شلل النوم، إذا حاولت أن تتحرك، الشعور بأن شيئا ما يضغط على جسمك لأسفل.

ومن اليسير تفسير ذلك من قبل رعب الضحية باعتباره اعتداءً جنسيًّا. تتحدث الأسطورة في نيوفاوندلند عن «عرّافة عجوز» تزور الناس في الليل وتضغط على صدورهم. وثمة أسطورة في الهند الصينية عن «شبح داكن اللون» يزور الناس مع حلول الظلام ويصيبهم بالشلل.

وهكذا، نحن نمتلك فهمًا مناسبًا عن سبب اعتقاد الناس بتعرضهم للاختطاف على يد غرباء، ونستطيع أن نربط ما بين الأساطير الحديثة لخطف الأغراب مع الأساطير المبكرة عن الأرواح الشريرة القاتلة والشياطين المفترسة، ومصاصي الدماء بأنيابهم الطويلة الذين يقومون بزياراتهم في الليل ويمتصون دم ضحاياهم. ولا يوجد أيُّ دليل مؤكد على أن هذا الكوكب قد زاره غرباء من الفضاء الخارجي في أي وقت على الإطلاق (أو حتى، بواسطة أرواح شريرة وشياطين أو عفاريت وجان من أي نوع كان). لكن لا يزال مطروحًا أمامنا السؤال عما إذا كانت توجد كائنات حية على الكواكب الأخرى. وليس معنى أنها لم تقم بزيارتنا أنه ليس لها وجود. وهل يمكن لنفس عملية التطوّر، أو حتى لعملية مختلفة عنها تماما ربما تماثل نوع التطور لدينا على نحو ما، أن تكون قد حدثت على كواكب أخرى أيضا مثلنا؟

هل ثمة وجود لحياة حقًا على كواكب أخرى؟

لا أحد يعرف. وإذا أجبرتني على طرح رأي بطريقة أو بأخرى، فلعلّي أقول نعم توجد حياة، ومن المحتمل وجودها على ملايين الكواكب. لكن من يهتم برأيي مهما كان أمر صاحبه؟ إذا لم توجد لدينا دلائل مباشرة. ومن الفضائل العظيمة للعلم أن العلماء يعرفون توقيت الإجابة عن الشيء الذي لا يعرفونه. ومن دواعي السرور، أن عدم معرفة الإجابة يمثل تحديًّا مثيرًا لمحاولة التوصل إليها.

وقد نتحصل في يوم ما على دلائل محددة على وجود حياة في كواكب أخرى، وحينئذ نكون قد عرفنا على وجه اليقين. أما الآن، فأفضل ما يمكن للعالِم عمله هو تسجيل المعلومات التي تقلِّل من عدم القدرة على التحديد، التي قد تأخذنا من أعمال التخمين إلى تقدير لما هو محتمل. وهذا، في حد ذاته، أمر ينطوي على الإثارة والتحدي يتعيّن إنجازه.

وأول ما ينبغي طرحه للتساؤل هو عدد الكواكب الموجودة؟ حتى وقت قريب نسبيًّا، كان من المحتمل الاعتقاد أن تلك الكواكب التي تدور حول شمسنا هي الوحيدة من نوعها، لأنه لم يكن بالإمكان ملاحظة الكواكب حتى بالتليسكوبات العملاقة. وفي هذه الأيام لدينا دلائل قوية على أن عددًا كبيرًا من النجوم تدور حولها كواكب، ويتم اكتشاف كواكب جديدة «خارج المجموعة الشمسية ـ Extrasolar»، تقريبا كل يوم. والكوكب الخارج عن المجموعة الشمسية هو كوكب يدور حول نجم آخر بخلاف الشمس (sol هي الكلمة اللاتينية للشمس، وextra هي الكلمة اللاتينية لـ خارج).

ولعلك تعتقد أن الوسيلة الواضحة للكشف عن كوكب هي رؤيته من خلال تليسكوب. ولسوء الحظ، أن الكواكب تبلغ حدًّا من الضآلة يتعذر معه رؤيتها في ظل هذه المسافات الهائلة ـ فهي لا تومض من تلقاء نفسها بل هي فقط تعكس نور النجم التابعة له ـ وبالتالي لا نتمكن من رؤيتها مباشرة. ونلجأ إلى الاعتماد على وسائل غير مباشرة، والوسيلة المثلى هي الاستفادة من منظار الطيف، الآلة التي التقينا بها في الفصل الثامن. وفيما يلي طريقة ذلك:

عندما يدور جسم سماوي حول جسم سماوي آخر يماثله في الحجم تقريبا، يدور كل واحد منهما حول الآخر، لأن كل واحد منهما يبذل قوة تجاذب على الثاني مساوية للأخرى. والعديد من النجوم المضيئة التي

نشاهدها عندما نتطلع إلى أعلى تتكون فعليًا من نجمين - والتي تُسمى الثنائيات - يدور كل منهما في مدار حول الآخر مثل نهايتي الدَّمْبل(*) متصلان بساق غير مرئية. وعندما يكون أحدهما أصغر كثيرا من الآخر، كما في حالة كوكب ونجمه، يدور الأصغر على الدوام حول الجرم الكبير، بينما الأكبر يؤدي فقط حركات رمزية صغيرة في استجابة لقوى جاذبية الآخر الصغير. ونحن نقول إن الأرض تدور حول الشمس، لكن من المؤكد أن الشمس تؤدّي تحركات ضئيلة استجابة لجاذبية الأرض.

والطريقة التي نكّتشف بها هذه التحركات تنطوي على إثارة نابعة منها. فأيُّ نجم يبلغ بُعْده عنا حدًّا يتعذر معه أن نراه وهو يتحرك فعليًّا، حتى مع استخدام تليسكوب قوي. لكن، الغريب في الأمر، رغم أننا لا نستطيع رؤية نجم وهو يتحرك، يمكننا أن نقيس السرعة التي يتحرك بها. قد يبدو هذا أمرًا عجيبا، غير أن هذا هو مكان منظار الطيف الذي يصل إليه. هل تتذكر تأثير دوبلر في الفصل الثامن؟ عندما تكون حركة النجم في اتجاه يبتعد عنا، يكون الضوء الصادر عنه في الإزاحة الحمراء. وعندما تكون حركته في اتجاهنا، يكون ضوؤه في الإزاحة الزرقاء. وبالتالي، إذا كان للنجم كوكب يدور حوله، سيرينا منظار الطيف شكلا لإزاحة حمراء - زرقاء - حمراء - وزرقاء في نبضات متناغمة، وتوقيت هذه الإزاحات المنتظمة يخبرنا بطول سنة هذا الكوكب. وبطبيعة الحال سيكون الوضع معقدا لو كان هناك أكثر من كوكب. لكن علماء الفلك يجيدون استخدام الرياضيات وبمقدورهم التعامل مع هذه التعقيدات. وفي وقت تأليف هذا الكتاب (مايو 2012) تمّ بهذه الوسيلة اكتشاف 701 كوكبًا، تدور حول 559 نجمًا. وبالتأكيد سيكون هناك المزيد عندما يصلك هذا الكتاب.

(*) ساق حديد قصيرة، في طرفيها كرتان من الحديد - المترجم.

وثمة وسائل أخرى لاكتشاف الكواكب. على سبيل المثال، عندما يعبر كوكب على وجه النجم الذي يدور حوله، يصير جزء صغير من وجه النجم معتما أو في حالة كسوف ـ تماما كما نشاهد القمر وهو يتسبب في كسوف الشمس، فيما عدا أن القمر يبدو أكبر حجما لأنه أكثر قربا بكثير.

ما أن يأتي كوكب بيننا وبين نجمه، يصبح النجم معتما بدرجة قليلة للغاية، وأحيانا تكون أجهزتنا على درجة حساسة تتيح لنا اكتشاف هذا الإعتام. وحتى الآن، تمّ اكتشاف 230 كوكبا بهذه الوسيلة. وهناك بعض الوسائل الأخرى القليلة، أيضا، تمّ بها اكتشاف 62 كوكبا أخرى. وثمة عدد من الكواكب جرى اكتشافها بأكثر من واحدة من هذه التقنيات، ويبلغ العدد الإجمالي الحالي 763 كوكبا تدور حول نجوم في مجرتنا بخلاف الشمس.

وفي مجرتنا، فالأغلبية العظمى من النجوم التي بحثنا فيها عن كواكب ثبت أن لديها بعضا منها. ولهذا، بافتراض أن مجرتنا في وضع نموذجي، نستطيع أن نستنتج أن من المحتمل أن يوجد في مدار معظم النجوم في الكون كواكب تدور حولها. ويبلغ عدد النجوم في مجرتنا نحو 100 بليون نجم، وعدد المجرات في الكون نحو نفس العدد تقريبا. وذلك يعني وجود ما إجماليه قرابة 10,000 بليون بليون نجم. وقد قدم العلماء وصفا لنحو 10٪ من النجوم المعروفة باعتبارها شبيهة بالشمس. والنجوم المختلفة بدرجة كبيرة عن الشمس، حتى لو كان لديها كواكب، من المحتمل ألا تساعد في وجود حياة على تلك الكواكب لأسباب متنوعة: على سبيل المثال، فإن النجوم الأكبر حجما من الشمس بكثير لا تميل إلى البقاء طويلا قبل انفجارها. لكن حتى لو حصرنا أنفسنا في الكواكب التي تدور حول نجوم شبيهة بالشمس فلربما كنّا نتعامل مع بلايين البلايين منها ـ ولعل هذا قد يكون تقديرا أقل من الواقع.

حسنٌ، لكن كم عدد تلك الكواكب الدائرة حول «النوع المناسب من النجوم» تلك التي من المحتمل وجود حياة عليها؟ معظم الكواكب التي تدور حول نجوم وتمّ اكتشافها حتى الآن من نوع كوكب «المشتري». وذلك يعني أنها «عملاق غازي»، مكونة في أغلبها من الغازات تحت ضغط مرتفع. وليس هذا باعثا على الدهشة، لأن وسائلنا في اكتشاف الكواكب ليست من الحساسية بما يكفي في المعتاد لملاحظة أي شيء أصغر من المشترى. والكواكب على شاكلة المشترى ـ الغازيّة العملاقة ـ ليست مناسبة للحياة كما نعرفها. بطبيعة الحال، ذلك لا يعني أن الحياة التي نعرفها هي النوع الوحيد المحتمل للحياة. فلربما توجد حياة على المشترى نفسه.، رغم أنني شخصيا أشك في ذلك. ونحن لا نعرف بين بلايين البلايين من الكواكب نسبة تلك المشابهة للأرض ككواكب صخرية، في مقابل تلك المشابهة للمشتري ـ أو العملاق الغازي. لكن حتى لو كانت النسبة منخفضة نوعا ما، سيظل العدد المطلق مرتفعا لأن الإجمالي مهول للغاية.

البحث عن نطاق صالح للسكن

تعتمد الحياة، كما نعرفها، على الماء. ومرة أخرى، ينبغي أن نتوخى الحذر من تركيز اهتمامنا على الحياة كما نعرفها نحن، لكن في الوقت الراهن يعتبر علماء البيولوجيا الفلكية (العلماء الذين يبحثون عن الحياة الدنيوية الإضافية) أن الماء مسألة أساسية ـ إلى حد كبير، حتى إن جزءا كبيرا من جهودهم منصبٌّ في البحث عن أماكن حيوية كدليل على وجوده. واكتشاف وجود الماء أسهل كثيرا من اكتشاف الحياة نفسها. وإذا وجدنا الماء فلا يعني ذلك بشكل مؤكد وجود حياة، غير أنها خطوة في الاتجاه الصحيح.

ولكي يكون ثمة وجود للحياة كما نعرفها، يتعين على الأقل أن يكون هناك بعض المياه في الصورة السائلة. ولن تصلح الحالة الثلجية ولا الغازية. ويبين الفحص الدقيق لكوكب المريخ أن ثمة دلائل على وجود الماء السائل، في الماضي إن لم يكن في الحاضر. ولدى عدد كبير من الكواكب الأخرى على الأقل بعض الماء، حتى لو لم يكن في الحالة السائلة. وأوربا Europa، أحد أقمار المشتري، مغطى بالجليد، وقد اقترِح على نحو مقبول بأنه تحت الثلوج هناك بحر من الماء السائل. وقد اعتقد الناس في وقت ما أن المريخ هو أفضل مرشَّح لحياة دنيوية فائقة داخل المجموعة الشمسية، حتى إن فلكيا شهيرا يدعى برسيفال لوويل Percival Lowell وضع مخططًا لما يزعم أنها قنوات تتقاطع على سطحه. وقد التقطت سفن الفضاء حاليا صورًا تفصيلية للمريخ، حتى إنها هبطت على سطحه، وثبت أن تلك القنوات ليست سوى اختلاقات من خيال لوويل. وفي هذه الأيام أخذ «أوربا» مكان المريخ باعتباره الموقع الأكثر ترجيحاً للتوقعات بشأن الحياة خارج الكرة الأرضية في مجموعتنا الشمسية. وتقترح الدلائل أن المياه ليست نادرة بشكل خاص على كواكب المجموعة الشمسية الأخرى.

ماذا عن درجة الحرارة؟ كيف يتكون التناغم الدقيق لدرجة حرارة كوكب، إذا كان يتعين عليها أن تدعم احتمال وجود حياة؟ يتحدث العلماء عما يسمى النطاق صالح للسكن (Goldilocks Zone) (مثل عصيدة دب وليد) بين نقطتين متطرفتين خاطئتين للسخونة البالغة (مثل عصيدة الدب الأب) والبرودة الشديدة (مثل عصيدة الدبة الأم). ومدار الأرض «ملائم تماما» للحياة: ليس قريبا جدًّا من الشمس، حيث يصل الماء إلى درجة الغليان، وليس بعيدًا جدًّا عن الشمس، حيث تصير كل مياهه صلبة متجمدة ولن يكون هناك ما يكفي من ضوء الشمس لتغذية

النباتات. وعلى الرغم من وجود بلايين البلايين من الكواكب إلى الخارج هناك لا نستطيع أن نتوقع سوى عدد ضئيل منها لتكون ملائمة تماما، حيث يؤخذ في الاعتبار درجة الحرارة والمسافة بينها وبين نجمها.

ومنذ وقت قريب (مايو 2011) تمّ اكتشاف «كوكب في نطاق صالح للسكن» يدور حول نجم يسمى جلييز Gliese 581، يبعد عنا بنحو 20 سنة ضوئية (ليست مسافة كبيرة جدًّا بالنسبة للنجوم، لكنها تظل مسافة هائلة بمعايير البشر). وهذا النجم «قزم أحمر» أصغر كثيرا من الشمس، ومنطقته المعتدلة بالتالي أكثر قربا. ولديه على الأقل ستة أقمار تسمى جليسي 581 e,b,c,g,d,f. والعديد منها كواكب صغيرة الحجم وصخرية مثل الأرض، ومن المعتقد أن واحدا منها وهو جليسي 581d، يقع في منطقة معتدلة بالنسبة للماء. ومن غير المعروف ما إذا كان هناك ماء بهذا القمر، وفي حالة وجوده فمن المحتمل أنه في الحالة السائلة وليس الصلبة أو الغازية. ولم يقترح أحد أن هذا القمر يحتوي فعليًّا على حياة، لكن حقيقة أنه تمّ اكتشافه على الفور عقب بدء النظر إليه تجعل المرء يفكر في احتمال وجود عدد كبير من الكواكب المعتدلة خارج كوكبنا.

ماذا عن حجم الكوكب؟ هل يوجد حجم معتدل ـ ليس كبيرا جدًّا ولا صغيرا جدًّا؟ فحجم الكوكب ـ والأكثر دقة كتلته ـ له تأثير كبير على الحياة بسبب الجاذبية. والكوكب الذي يماثل الأرض في طول القطر، لكنه مكوّن في أغلبه من الذهب الصلب، تكون كتلته أكبر من ثلاثة أمثال كتلة الأرض. وبالتالي تزداد قوة جاذبيته بأكثر من ثلاثة أضعاف الجاذبية التي نحن معتادون عليها على الأرض. وكل ما يوجد عليه يزداد وزنه بمقدار يتجاوز ثلاثة أمثال وزنه على الأرض، ويشمل ذلك جميع الأجسام الحية على هذا الكوكب. وتصبح عملية نقل قدم أمام الأخرى بمثابة مشقة كبرى. وأي حيوان في حجم الفأر سيحتاج إلى عظام أكثر

سمكًا لتدعم جسمه، وسيضطر للمشي حجلًا مثل وحيد القرن المنمنم، بينما أي حيوان في حجم وحيد القرن قد يعاني من الاختناق في ظل ثقل وزنه.

وإن كان الذهب أثقل من الحديد والنيكل والأشياء الأخرى التي تدخل في تركيب الأرض، فإن الفحم أخف منها كثيرا. والكوكب الذي يماثل الأرض في حجمها لكنه يتكون في غالبيته من الفحم تصبح قوة جاذبيته فقط أقل من خُمس الجاذبية التي اعتدنا عليها. وأي حيوان في حجم وحيد القرن يمكنه أن ينزلق على سيقان نحيلة طويلة مثل الوطواط. والحيوانات الأكبر حجما بكثير من أكبر الديناصورات تستطيع أن تتطور دون عوائق، إذا ما توافرت لها الشروط الأخرى على هذا الكوكب. والجدير بالذكر أن الجاذبية على القمر تعادل سدْس جاذبية الأرض. وذلك هو سبب أن رواد الفضاء على سطح القمر كانوا يتحركون في قفزات واسعة مثيرة، والتي بدت كأنها صورة كوميدية في أرديتهم الفضائية. وأي حيوان يتاح له بالفعل أن يتطور على كوكب له مثل هذه الجاذبية الضعيفة سيكون بنيانه مختلفا تماما ـ فالانتقاء الطبيعي سيتوافق مع شروط الحياة هناك.

إذا كانت قوة الجاذبية كبيرة للغاية، كما هو الحال على نجم نيوتروني، لاستحال وجود أي حياة على الإطلاق. والنجم النيوتروني هو نوع من النجوم المنهارة. وكما تعلمنا في الفصل الرابع، تتكون المادة في الغالب كليا من فضاء خال. والمسافات بين النويّات الذرية هائلة البعد، مقارنة بحجم النويّات ذاتها. لكن في النجم النيوتروني فإن «الانهيار» يعني ألا وجود للفراغات الخالية. وقد تكون كتلة النجم النيوتروني مساوية لكتلة الشمس لكن حجمه لن يزيد في هذه الحالة عن حجم مدينة، وبالتالي تصبح قوة جاذبيته هائلة بما لا يقاس. ولو حدث وانجذبتَ إلى نجم نيوتروني، لأصبح وزنك يعادل مائة بليون وزنك وأنت على الأرض.

ستصبح مجرد رقاقة مسطحة. ولن تتمكن من الحركة. وقد لا يحتاج الكوكب إلا الحصول على جزء ضئيل من قوة جاذبية النجم النيوتروني لتضعه خارج المنطقة المعتدلة ـ ليس لمجرد الحياة كما نعرفها، بل لحياة لا يمكن لنا أن نتخيلها.

هنا يكون النظر إليك

لو كانت هناك كائنات حية على كواكب أخرى، فعلى أي هيئة قد يكون شكلها؟ ثمة إحساس واسع النطاق أن ثمة كسلا بقدر ما من مؤلفي روايات الخيال العلمي جعلهم يصورونهم على مثال بني الإنسان، فقط مع بعض التغيير ـ برؤوس أكبر حجما أو عيون إضافية، أو ربما أجنحة. حتى وهم ليسوا من البشر، فمعظم الغرباء في روايات الخيال مجرد نسخ معدلة جميلة صافية من الكائنات الشائعة، مثل الوطواط، الأخطبوط أو الفطر. لكن ربما لا يكون هذا مجرد نوع من الكسل، ليس مجرد قصور في الخيال. ربما ثمة سبب معقول في الواقع لافتراض أن الأغراب، إذا كان لهم وجود (وأنا أعتقد في احتمال وجودهم)، ربما لا يبدو مألوفا لنا بدرجة كبيرة. ويوصف الغرباء في القصص الخيالية بمقتضى الأقوال المأثورة بأنهم وحوش مخيفة بعيون جاحظة، ولذلك سأتخذ العيون كمثال لي. ولا أستطيع استخدام الأرجل أو الأجنحة أو الآذان (أو حتى يعتريني العجب عن سبب عدم امتلاك هذه الحيوانات لعجلات!). لكنني سوف ألتزم بالعيون وأحاول أن أبين أنها ليست في الواقع مقصّرة في الاعتقاد بأن الغرباء، إن كان لهم وجود، قد يكون لهم عيون بحالة جيدة.

من الأمور الجيدة والفاتنة وجود العيون، وتنسحب هذه الحقيقة على معظم الكواكب. والضوء ينتقل، للأغراض العملية، في خطوط مستقيمة. وفي أي مكان يتوافر فيه الضوء، فمن اليسير تقنيًا استخدام

أشعة الضوء في تبيُّن طرق السير، والملاحة، ووضع الأشياء. وأي كوكب به حياة ينبغي أن يكون بدرجة كبيرة على حدود قريبة من نجم معين، لأن النجم هو مصدر واضح للطاقة التي تحتاج إليها كل صور الحياة. لذلك ثمة فرص جيدة لتوافر الضوء حيثما توجد الحياة، وأينما يوجد الضوء فمن المحتمل لحد كبير أن تتطور العيون نظرا لفائدتها البالغة. ولن يكون أمرًا غريبا أن العيون قد تطورت على كوكبنا لمرات عديدة على نحو مستقل.

على أنه توجد وسائل لا حصر لها لتكوين عين ما، وفي اعتقادي أن كل وسيلة منها قد تطورت في موضع ما بمملكتنا الحيوانية. فهناك عين الكاميرا، التي، كما في آلة التصوير ذاتها، تتكوّن من غرفة قاتمة بفتحة صغيرة في المقدمة تسمح بدخول الضوء، من خلال عدسة، لتتشكل في بؤرتها صورة مقلوبة رأسا على عقب على حائل ـ «الشبكية» ـ في الخلف. كما أن العدسة ليست أساسية. لأن فتحة بسيطة ستؤدي المهمة إذا كانت صغيرة الحجم بما يكفي، لكن ذلك يعني أن قدرًا ضئيلًا للغاية من الضوء سيتمكن من الدخول، وبالتالي تصير الصورة غائمة جدًّا ـ إلا لو حدث وتحصَّل الكوكب على قدر أكبر من الضوء من النجم التابع له مقارنة بما يصلنا من الشمس. وهذا أمر محتمل بطبيعة الحال، وفي هذه الحالة يكون للغرباء حقا عيون على شكل ثقوب ضئيلة. ولعين البشر عدسة، تؤدي إلى زيادة مقدار الضوء الذي يتركز على الشبكية. والشبكية في الخلف مغطاة بخلايا تتميز بحساسية للضوء وتخبر المخ بوصوله من خلال الأعصاب. ولدى كل الفقاريات هذا النوع من العيون، وقد تطوّرت عين الكاميرا على نحو مستقل لدى عدد كبير من أنواع الحيوان الأخرى، بما فيها الأخطبوط. كما أنه تـمّ اختراعها على يد مصممين من البشر بطبيعة الحال.

للعناكب النطاطة أنواع غريبة من العيون الماسحة. إنها نمط يشبه كاميرا العين فيما عدا الشبكية، وبدلا من أن تكون سجادة عريضة من خلايا حساسة للضوء، أصبحت على هيئة شريط ضيق. ويتصل شريط الشبكية هذا بعضلات من شأنها تحريكها في كل الاتجاهات لكي تتمكن من «مسح» المشهد المواجه للعنكبوت. والمثير للدهشة، أن هذا يماثل بعض الشيء ما تفعله الكاميرا التليفزيونية أيضا، نظرا لأن لديها فقط قناة وحيدة ترسل من خلالها صورة كاملة. وتقوم بعملية المسح من أعلى إلى أسفل في خطوط مستقيمة، ولكنها تفعل ذلك بسرعة فائقة حتى إن الصورة التي نتلقاها تبدو كأنها صورة واحدة. كما أن العنكبوت النطاط لا يقوم بعملية المسح أحيانا بسرعة كبيرة، لينحو إلى التركيز على الأجزاء «المثيرة» من المشهد مثل الذباب، لكن المبدأ لا يتغير.

ومن ثم فهناك العين المركبة، التي توجد في الحشرات والجمبري ومجموعات الحيوان الأخرى المتنوعة. وتتكوّن العين المركبة من مئات الأنابيب، تمتد في خطوط خارجة من مركز نصف كرة، وكل أنبوبة توجّه نظرها إلى اتجاه مغاير قليلا. وفي طرف الأنبوبة عدسة صغيرة، حتى إنك قد تفكر فيها باعتبارها نموذجا مصغرا للعين. لكن العدسة لا تشكل صورة قابلة للاستعمال: إنها فقط تقوم بتركيز الضوء في الأنبوبة. ونظرا لأن كل أنبوبة تتلقى الضوء من اتجاه مختلف، يستطيع المخ تجميع المعلومات الواردة منها جميعا واللازمة لتشكيل صورة، أقرب لصورة خام، لكنها مناسبة بما يكفي لتتيح ليعسوب، على سبيل المثال، الإمساك بكل فريسة تتحرك على جناحه.

تستخدم أكبر التليسكوبات لدينا مرآة منحنية بدلا من العدسة، وهذا المبدأ يستخدم أيضا في عيون الحيوانات، بشكل خاص في الرخويات البحرية. وتستخدم عين الرخويات مرآة منحنية لتركز الصورة على

الشبكية، الموضوعة أمام المرآة. وهذه بالضرورة تقف في طريق جزء من الضوء، وهو ما يحدث تماما في التليسكوبات العاكسة، لكنه لا يغير في الوضع شيئا لأن معظم الضوء يأخذ طريقه إلى المرآة.

تلك القائمة تستنزف كثيرا جدًّا وسائل صناعة أي عين يمكن أن يتخيلها العلماء. وقد قام جميعهم بتطويرها لدى الحيوانات على هذا الكوكب، ولأكثر من مرة لمعظمها. وإنه لأمر طيب لحد ما حتى إنه، إذا كانت توجد كائنات على كواكب أخرى تستطيع الرؤية، سوف تستخدم عيونا من نوع قد نجده مألوفا لنا.

دعونا نمارس تمرينًا لخيالنا بدرجة أكبر قليلا. فعلى كوكب غربائنا المفترضين تتراوح الطاقة المشعة من النجم التابعين له ما بين موجات الراديو عند الطرف الطويل حتى أشعة إكس عند الطرف القصير. لماذا يتعيّن على الغرباء أن يحدّوا أنفسهم داخل المدى الضيق من الترددات التي نطلق عليها اسم «الضوء»؟ أمن المحتمل أن عيونهم تعمل بموجات الراديو؟ أم بالأشعة السينية؟

تعتمد أي صورة جيدة على درجة تحليلها. ما معنى ذلك؟ كلما زادت دقة التحليل زاد اقتراب كل نقطتين إحداهما من الأخرى بينما يظل بالإمكان تمييز كل واحدة منهما عن الأخرى. وليس مدعاة للدهشة أن الموجات الطويلة لا تصلح لإنتاج تحليل دقيق للصور. كما أن الأطوال الموجيّة للضوء تقاس بأجزاء متناهية الصغر من المílليمتر وينتج عنها تحليل فائق الجودة، لكن موجات الراديو تقاس بالمتر. وبالتالي قد تكون موجات الراديو عديمة القيمة في تكوين الصور، مع أنها بالغة الفائدة في أغراض الاتصالات نظرا لأنه يمكن نمذجتها. والنمذجة تعني أنها تتغير، بسرعة فائقة، على نحو منضبط. وحتى الآن كما هو معلوم، لا يوجد كائن حي على كوكبنا استطاع تطوير منظومة طبيعية لنقل موجات الراديو

أو نمذجتها أو استقبالها: فلا يزال ذلك في انتظار تكنولوجيا الإنسان. لكن ربما يوجد غرباء على كواكب أخرى قاموا بتطوير اتصالات الراديو بطريقة طبيعية.

ماذا عن الموجات الأقصر ضمن موجات الضوء... كأشعة إكس على سبيل المثال؟ من المتعذر إجراء تركيز لأشعة إكس (تجميعها في بؤرة معينة)، وذلك هو سبب أن معدات أشعة إكس لا يتكوّن عنها سوى ظلال وليس صورا حقيقية، لكن ليس من المستحيل أن بعض أشكال الحياة على كواكب أخرى تتمتع بحاسة البصر عن طريق أشعة إكس.

يعتمد الإبصار بكل أنواعه على أشعة تنتقل في خطوط مستقيمة، أو على الأقل في خطوط يمكن التنبؤ بمسارها. ولن يكون مفيدا أن تتشتت عند كل نقطة في مسارها، كما يحدث لأشعة الضوء في حالة الضباب. والكوكب الغارق دائما في ضباب كثيف لا يمكن أن يكون حافزا على تطوير العيون. وبدلا من ذلك، ربما يتبنى استخدام نوع مختلف من منظومة تدرُّج صدى الصوت (الإيكو) مثل «السونار» الذي تستخدمه الخفافيش، الدلافين، والغواصات التي يصنعها الإنسان. ودلافين الأنهار تتميز بالمهارة الفائقة في استخدام السونار لأن مياه الأنهار ممتلئة بالقاذورات، التي هي المعادل المائي للضباب. وقد تطور السونار على الأقل لأربع مرات في الحيوانات على كوكبنا (في الخفافيش، الحيتان وفي نوعين منفصلين من الطيور قاطنة الكهوف). ولن يكون وضعا مثيرا للدهشة أن نجد أن السونار قد تطور على كوكب للغرباء، خاصة إذا كان الضباب يغمره على الدوام.

أو، لو كان الغرباء قد طوّروا أعضاء تستطيع التعامل مع موجات الراديو لأغراض الاتصالات، فمن الممكن أيضا أن يطوِّروا رادارًا حقيقيا لتبيُّن مسارات انتقالاتهم، ومن المعلوم أن الرادار يعمل مع وجود الضباب.

وعلى كوكبنا، هناك أسماك طوَّرت القدرة على الانتقال باستخدام حالات التشوّه التي تحدث في مجال كهربي والتي يخلقونها بأنفسهم. وفي واقع الأمر، أن هذه الحيلة قد تطورت مرتين بصورة مستقلة، في مجموعة من الأسماك الإفريقية وكذلك لدى مجموعة منفصلة تماما عنها لأسماك أمريكا الجنوبية. والحيوانات المائية الثديية (البلاتبوس ذات منقار البطة) لديها حسّاسات كهربية في مناقيرها تلتقط الاضطرابات الكهربية في المياه الناجمة عن الحركات العضلية لفرائسها. ومن اليسير أن نتخيل شكلا معينا لحياة غرباء قد طوّرت نوعا من الحساسية الكهربية على الأسس نفسها التي استخدمتها الأسماك والبلاتبوس، لكن لمدى أكثر تطورا.

ويتميز هذا الفصل باختلافه عن الفصول الأخرى في هذا الكتاب لأنه يؤكد على ما لا نعرفه، أكثر من تأكيده على ما نعرفه. وحتى بالرغم من أننا لم نكتشف وجود حياة على كواكب أخرى حتى الآن (وفي الواقع، قد لا نصل إلى ذلك أبدا)، لكن أملي أن تكونوا قد رأيتم وتحفزتم للقدر الكبير الذي يمكن أن يقدمه لنا العلم عن الكون. وبحْثنا عن الحياة في مواقع أخرى ليس من باب العبث أو العشوائية: فمعارفنا الفيزيائية أو الكيميائية أو البيولوجية تجعلنا مهيئين للبحث عن المعلومات المفيدة حول النجوم والكواكب سحيقة البعد عنّا، وتحديد الكواكب التي هي على الأقل مرشح محتمل لتكون حاضنة لنوع من الحياة. فلا يزال هناك الكثير من الغموض الكثيف ومن غير المحتمل أن نتمكن تماما من الكشف عن كل الأسرار التي تكتنف كوّنًا بهذا الحجم الهائل مثل كوّننا، لكن ونحن مسلحون بالعلم نستطيع على الأقل طرح أسئلة تتسم بالمعقولية، وتنطوي على معنى حول الكون، ونتعرف على الإجابات ذات المصداقية عندما نجدها. ولسنا مضطرين

لاختراع حكايات فجة غير قابلة للتصديق: فلدينا ما نستمتع به ويثير دهشتنا من البحوث والاكتشافات العلمية والتي تتفق مع تخيلاتنا. وفي النهاية فإن هذه الأمور أكثر إثارة من القصص الخيالية.

الفصل العاشر
ما الزلزال؟



تخيّل أنك تجلس بهدوء في حجرتك، ربما تقرأ كتابا أو تشاهد التليفزيون أو تنهمك في لعبة على الكمبيوتر. فجأة تسمع صوتًا عميقًا مرعبًا، وتبدأ الحجرة بكاملها في الاهتزاز. وتتأرجح إضاءة السقف بعنف، تتناثر الزخارف من فوق الأرفف، تندفع قطع الأثاث على أرض الغرفة، وأنت تسقط من على مقعدك. بعد دقيقتين أو نحوها، يعم الهدوء من جديد ويسود صمتٌ جليلٌ لا يخرقه سوى بكاء طفل خائف ونباح كلب. تلملم نفسك ناهضًا وتفكر كم أنت محظوظ لأن المنزل بكامله لم يتعرض للانهيار. ففي الزلازل الشديدة، من المرجح أن يحدث ذلك.

عندما كنت في بداية تأليف هذا الكتاب ضرب زلزال مدمر الجزيرة الكاريبية هاييتي، وتعرضت العاصمة بورت برانس لدمار كبير. ومن المعتقد أن نحو مائتين وثلاثين ألف شخص لقوا حتفهم، وأن عددًا كبيرًا آخر، بينهم أطفال أيتام مساكين هاموا على وجوههم في الشوارع، بلا مأوى، أو باتوا يعيشون في خيام مؤقتة.

فيما بعد، بينما كنت أراجع الكتاب، وقع زلزال آخر، ربما أشد تأثيرًا، تحت الشاطئ الجنوبي الشمالي لليابان. ونجمت عنه موجة هائلة ـ «تسونامي» ـ خلفت دمارًا لا يمكن تخيله ما إن ضربت الشاطئ، حاملة معها مُدنًا بأكملها، وأودت بحياة آلاف الناس، وشردت الملايين، وتسببت في انفجارات خطيرة في محطة للطاقة النووية التي حاق بها الدمار نتيجة الزلزال.

الزلازل، وموجات تسونامي الناجمة عنها، من الكوارث الشائعة في اليابان (كلمة «تسونامي» في الأصل كلمة يابانية)، لكن البلاد لم تتعرض لمثل هذه الكارثة بحسب ما تعيه الذاكرة. وقد وصفها رئيس الوزراء بأنها الحدث الأسوأ منذ الحرب العالمية الثانية، عندما دمرت القنبلتان النوويتان المدينتين اليابانيتين هيروشيما وناجازاكي. وفي الواقع، تشيع الزلازل على طول البلاد الواقعة على حافة المحيط الباسيفيكي ـ وقد عانت مدينة كريسشيرش النيوزيلاندية من دمار ساحق وزهْق أرواح عقب هزة أرضية تعرضت لها قبل شهر من واقعة اليابان. وهذا المسمى «منطقة النشاط البركاني والزلزالي ring of fire» يشمل كثيرا من كاليفورنيا وغربي الولايات المتحدة، حيث وقع زلزال شهير في مدينة سان فرانسيسكو في عام 1906. كما أن مدينة لوس أنجلوس الكبرى معرضة للزلازل، لأنها تقع على صدع سان أندرياس سيئ السمعة.

في أي زلزال، يسلك المنظر الطبيعي بأكمله كما لو أنه نوع من السوائل. ويبدو مثل البحر، والأمواج تجتاحه. فاليابسة، الصلبة الجافة، تتخللها الأمواج، كحالها في البحر ذلك هو الزلزال. وإذا كنت موجودا في الأسفل على الأرض، فلن ترى الأمواج لأنك ستكون قريبا للغاية منها، وبالغ الصغر مقارنة بها. ستشعر فقط بالأرض وهي تهتز وتتحرك أسفل قدميك.

سآخذ لحظة لأشرح طبيعة الزلزال الفعليّة، وما هو «خط أي صدع» ـ مثل صدع سان أندرياس، وغيره من الصدوع المماثلة في المناطق الأخرى من العالم. لكن في البداية، دعونا ننظر في بعض الأساطير.

أساطير الزلزال

سوف نبدأ بزوج من الأساطير اللتين ربما نشأتا حول زلازل معينة، زلازل حدثت بالتأكيد في لحظات معينة من التاريخ.

تقول أسطورة يهودية كيف أن مدينتين هما، سدوم وعمورة، دُمِّرتا على يد إله اليهود لأن الناس الذين استوطنوا بهما كانوا أشرارًا. وكان الشخص الوحيد الصالح في المدينتين يدعى لوط. وأرسل الإله ملكين لتحذير لوط كي يخرج من سدوم طالما يستطيع ذلك. واتّجه لوط وعائلته إلى التلال، مباشرة قبل أن يشرع الربُّ في إلقاء وابل من النار واللعنات على سدوم. وكانت قد صدرت لهم أوامر مشددة بألا ينظروا إلى الوراء، لكن لسوء الحظ، عصت زوجة لوط الرب. واستدارت لتختلس نظرة خاطفة، وعلى الفور أحالها الرب إلى عمود من الملح(*) والذي، كما يقول بعض الناس، تستطيع رؤيته حتى اليوم.

ويزعم بعض علماء الآثار أنهم اكتشفوا دلائل على أن زلزالا كبيرا ضرب المنطقة التي من المعتقد أن أهل سدوم وعمورة استوطنوها قبل 4,000 سنة. وإذا كان هذا حقيقيا، فإن أسطورة تدميرهم ربما لا تنتمي إلى قائمتنا عن أساطير الزلزال.

ثمة أسطورة توراتية أخرى لعلها بدأت مع زلزال معين عن كيف تمّ إنزال أريحا Jericho. وتقع أريحا إلى الشمال قليلا من البحر الميت، وهي واحدة من أقدم المدن في العالم. وقد تعرضت لزلازل استمرت حتى العام 1927 في العصور الحديثة وكانت قريبة من مركز زلزال شديد ضرب المنطقة بأكملها وتسبب في مقتل مئات الناس في القدس، على مسافة 25 كيلومترا (نحو 15 ميلا).

(*) يشير إلى 19: 26، سفر التكوين.

تتحدث الرواية اليهودية القديمة عن بطل أسطوري يدعى يشوع بن نون Joshua، أراد أن يهزم الناس القاطنين في أريحا منذ آلاف السنين. كان لمدينة أريحا جدران سميكة، واعتصم الناس بداخلها ليحولوا دون الهجوم عليهم. ولم يستطع رجال يشوع بن نون اقتحام الجدران، لذلك طلب من كهنته أن يطلقوا معاول الهدم وأن يصيح جميع الناس بأعلى أصواتهم.

كانت الضوضاء هائلة حتى إن الجدران ارتجت وانهارت لتُسوّى بالأرض. حينئذ اندفع جنود يشوع بن نون إلى الداخل وأعملوا القتل في كل من كان بالمدينة، بمن فيهم النساء والأطفال، وحتى الأبقار، الأغنام والحمير. كما أحرقوا كل شيء ـ فيما عدا الفضة والذهب، اللذين أعطوهما لإلههم، وفق تعاليمه لهم. والطريقة التي تُروى بها الأسطورة: «أن هذا كان عملا حسنًا: كان إله شعب يشوع بن نون يريد لهذا الأمر أن يحدث حتى يتمكن شعبه من الهيمنة على كل الأراضي التي كانت في السابق من أملاك شعب أريحا».

ونظرا لأن أريحا ليست سوى أرض نجمت عن زلزال، يقترح الناس هذه الأيام أن أسطورة يشوع بن نون وأريحا ربما قد بدأت مع زلزال قديم، ضرب المدينة بعنف بالغ أدى لانهيار الجدران. وأنت تستطيع بسهولة أن تتخيل مدى بعْد ذكرى حكاية شعبية لزلزال كارثي لتصبح حافلة بالمبالغات والتشويه وهي تنتقل شفاهة من فم إلى فم بين أجيال من الناس لم يكن بمقدورهم القراءة والكتابة، حتى تترعرع في النهاية لتكون أسطورة عن بطل القبيلة الكبير يشوع بن نون، وكل ذلك الصياح المزعج والنفخ في الأبواق.

ربما بدأت الأسطورتان المذكورتان آنفًا مع زلازل معينة في التاريخ. وهناك أيضا عدد لا بأس به من الأساطير الأخرى، من كل بقاع العالم،

التي ظلت قيد الوجود ذلك لأن الناس كانوا يحاولون أن يفهموا ماهية الزلازل بشكل عام.

ونظرا لأن اليابان تعرضت للكثير جدًا من الزلازل، فليس غريبًا أن يكون لديها بعض الأساطير متنوعة الدرجات. وطبقا لواحدة منها، فإن الأرض تطفو على ظهر سمكة سلور عملاقة تسمى نامازو Namazu. وعندما تضرب السمكة بذيلها، تهتز الأرض.

وإلى الجنوب بعدة آلاف الأميال، لدى الماووريين من سكان نيوزيلندا ـ الذين وصلوا على زوارق الكانو واستقروا هناك قبل قرون من قدوم البحارة الأوربيين ـ اعتقاد بأن الأرض الأم كانت حاملا بطفلها، الإله رو Ru. وبينما يطرق «رو» داخل رحم أمه أو يتمدد يحدث زلزال.

وعودة إلى الشمال، كانت بعض القبائل السيبيرية تعتقد أن الأرض تجلس على زلاجة، تجرها الكلاب ويقودها إله يسمى تل Tull. وكانت الكلاب البائسة تمتلئ بالبراغيث، وعندما تهرشها يقع زلزال.

في واحدة من أساطير غرب إفريقيا، تتكوّن الأرض من قرص، ممسوك من أحد جوانبه بجبل عظيم ومن الجانب الآخر بعملاق هائل بشع الخِلْقة، تمسك زوجته بالسماء. وفي كل مرة يحتضن فيها العملاق زوجته، حينئذ، كما يمكنك أن تتخيل تماما، تتحرك الأرض.

كانت بعض قبائل أخرى من غرب إفريقيا تعتقد أنهم يعيشون على قمة رأس مارد. كانت الغابة شعره، والناس والحيوانات مثل البراغيث تتجول أينما تشاء في رأسه. وتحدث الزلازل ما إن يعطس المارد. على الأقل هذا ما كانوا يفترضون في عقيدتهم، رغم أنني أرتاب في أن هذا كان ما يعتقدونه حقًا.

في هذه الأيام نعرف حقيقة الزلازل، وقد حان الوقت لنبذ الأساطير والنظر إلى الحقائق.

ما حقيقة الزلازل؟

في البداية، نحن في حاجة لسماع القصة الشهيرة عن الصفائح التكتونية plate tectonics.

كل إنسان يعلم ماهية خريطة العالم. فنحن نعرف شكل إفريقيا وشكل أمريكا الجنوبية، ونحن نعرف أن المحيط الأطلنطي الواسع يفصل بينهما. ونستطيع جميعا أن نتعرف على أستراليا، ونعرف أن نيوزيلندا تقع جنوب شرقي أستراليا. ونعلم أن إيطاليا تشبه حذاء، على وشك أن يضرب «كرة القدم» صقلية، وبعض الناس يعتقدون أن نيو غينيا تشبه الطائر. ويمكن لنا بسهولة أن نتعرف على حدود أوربا، رغم أن الحدود بداخلها تتغير مع الوقت. تأتي الإمبراطوريات وتذهب، ويتغير ترسيم الحدود بين البلدان مرة بعد أخرى عبر التاريخ. لكن حدود القارات ذاتها تظل ثابتة. أليس كذلك؟ حسنٌ. لكن كلا، إنها لا تبقى على حالها، وتلك هي المسألة الكبرى. إنها تتحرك، رغم بطئها البالغ المسموح به، ومعها مواضع سلاسل الجبال: جبال الألب، الهيمالايا، الأنديز والـ Rockies. وعلى وجه اليقين هذه الملامح الجغرافية ثابتة بالنسبة للمقياس الزمني للتاريخ الإنساني. لكن الأرض ذاتها ـ إذا أمكن أن يكون لها ذاكرة ـ لن تفكر في وجود الزمن على الإطلاق. ويعود التاريخ المكتوب فقط إلى نحو 5,000 سنة. ولو عدنا إلى مليون سنة (أي بالعودة إلى 200 ضعف من امتداد التاريخ المكتوب) لكانت القارات جميعها على حالها كما هي الآن تماما، وهو أقصى مدى تستطيع عيوننا أن تصل إليه. لكن بالعودة 100 مليون سنة فماذا سنرى؟

كان جنوب المحيط الأطلنطي قناة ضيقة مقارنة بوضعه اليوم، وكان يبدو كأنك تستطيع السباحة من إفريقيا إلى أمريكا الجنوبية. وكان شمال أوربا متلامسا مع جرينلاند، الذي كان يكاد يلامس كندا. ولم تكن الهند

جزءا من آسيا على الإطلاق، لكن تقع أسفل مدغشقر مباشرة وتنحرف على جانبها. وكانت إفريقيا تميل في الاتجاه نفسه أيضا، مقارنة بوضعها الأقرب للعمودي الذي نراه اليوم.

ولو فكرنا في ذلك، ألم تلاحظ، عندما تنظر في خريطة حديثة أن الجانب الشرقي من أمريكا الجنوبية يبدو على نحو يثير الشك شبيها بالجانب الغربي من إفريقيا، كما لو أنهما «يريدان» أن يتواءما معا، مثل جزءين في لعبة الصور المجزأة؟ ولقد ثبت، أننا لو عدنا بالزمن إلى الوراء فترة أطول قليلا (جميل، نحو 50 مليون سنة أخرى، لكن حتى ذلك هو مجرد «زمن قليل» على مقياس الزمن الجيولوجي الهائل)، سنجد أنهما بالفعل يتواءمان أحدهما مع الآخر.

وقبل مائة وخمسين مليون سنة، كانت إفريقيا وأمريكا الجنوبية ملتحمتين تماما، وليس فقط ببعضهما بعضًا لكن أيضا مع مدغشقر، والهند وقارة أنتاركتيكا ـ ومع أستراليا ونيوزيلندا، حول الجانب الآخر من أنتاركتيكا. وكانوا جميعا كتلة واحدة من اليابسة تسمى جوندوانا Gondwana، التي انشقت فيما بعد إلى عدة أجزاء، لينجم عنها قارة وليدة إثر قارة أخرى.

إنها تبدو كما لو أنها قصة فاتنة طويلة، أليس كذلك؟ ما أعنيه، أنه من المثير للضحك تماما أن شيئا ما بحجم قارة يمكنه أن ينتقل من موضعه لآلاف الأميال ـ لكننا نعرف الآن أن ذلك قد حدث، والأكثر من هذا، أننا نفهم الطريقة التي حدث بها.

كيف تتحرك الأرض؟

نحن نعلم أيضا أن القارات ليست هي فقط التي تتحرك مبتعدة عن

بعضها بعضًا. وأحيانا تتصادم معًا، وحينما يحدث ذلك تندفع لأعلى سلاسل جبلية هائلة صوب السماء. وتلك هي الطريقة التي تكوّنت بها جبال الهيمالايا؛ عند ارتطام الهند بآسيا. في واقع الأمر، لم يكن ارتطاما بالمعنى الحرفي بين الهند وآسيا. وكما سنرى في الحال، فإن الذي ارتطم بآسيا كان شيئا أكبر بكثير، يسمى «قشرة أرضية»، معظمها تحت الماء، كانت الهند تقع على قمتها. وكل القارات تستقر على هذه «القشور الأرضية». وسنصل إليها في التوّ، لكن في البداية لنفكر بعض الشيء في هذه «التصادمات»، وفي القارات التي تتحرك بعيدا عن بعضها.

عندما تستمع إلى كلمة من نوع «تصادم» ربما تفكر في صدام فجائي، كما يحدث حين تتصادم شاحنة مع سيارة. لم يكن ذلك هو ما حدث ـ ويحدث. فحركة القارات تكون بطيئة بالكاد. وذات مرة قال أحدهم إنها تحدث تقريبا بسرعة تشبه سرعة نمو الأظافر. فلو جلست تحدق في أظافرك، فلن تراها وهي تنمو. لكن إذا انتظرت لعدة أسابيع، سترى أنها قد طالت، وستحتاج إلى قصها. وبالطريقة نفسها، لن تستطيع رؤية أمريكا الجنوبية في عملية التحرك بعيدا عن إفريقيا. لكنك لو انتظرت 50 مليون سنة، ستلاحظ أن القارتين قد تباعدتا لمسافة كبيرة.

و«السرعة التي تنمو بها أظافرك» هي السرعة المتوسطة لحركة القارات. غير أن استطالة الأظافر تحدث بسرعة منتظمة محددة، بينما القارات تتحرك في شكل دفقات، توجد دفقة، يعقبها توقف لمئات السنين أو نحو ذلك ليتراكم الضغط من جديد، ثم دفقة أخرى، وهكذا.

ربما بدأت الآن تخمن ما هي حقيقة الزلزال؟ ذلك في الواقع هو الزلزال الذي نشعر به عندما تحدث واحدة من هذه الدفقات.

وأنا أقول لك ذلك كحقيقة علميّة ومعلومة، لكن كيف علمنا بها؟ ومتى اكتشفناها لأول مرة؟ تلك قصة تأخذ بالألباب، وأنا أريد روايتها لك.

لاحظ أناس متباينون في الماضي هذا النوع من اتفاق الصورة المجزأة بين أمريكا الجنوبية وإفريقيا، لكنهم لم يعرفوا كيف يتعاملون معها. وقبل نحو مائة عام، قدم عالم ألماني يدعى ألفرد فجنر Alfred Wegener اقتراحًا جريئًا. كان اقتراحه على درجة من الجرأة حتى إن معظم الناس ظنوا أن به مسًا من الجنون. وتضمن اقتراحه أن القارتين انجرفتا بعيدا عن بعضهما مثل سفينتين عملاقتين. وكان من رأيه أن إفريقيا وأمريكا الجنوبية وكتل اليابسة الضخمة الجنوبية الأخرى كانت متصلة معًا ذات يوم، ثم تمزقت من بعضها وارتحلت من خلال البحر في اتجاهاتها المستقلة. كان ذلك ما فكر فيه فجنر، وسخر منه الناس بسبب ذلك. لكن ثبت الآن أنه كان على صواب ـ حسناً، على صواب تقريبا، وبالتأكيد أكثر صوابا بكثير من الناس الذين سخروا منه.

النظرية الحديثة عن الصفائح التكتونية، المؤيَّدة بقدر هائل من الأدلة، ليست متطابقة تماما مع فكرة فجنر. لقد كان فجنر على صواب بالتأكيد في أن إفريقيا، وأمريكا الجنوبية، الهند، مدغشقر، أنتاركتيكا وأستراليا كانوا في يوم من الأيام أرضا واحدة متصلة ثم انفصلت فيما بعد. غير أن الطريقة التي حدث بها ذلك، طبقا لنظرية الصفائح التكتونية، تختلف قليلا عن الوسيلة التي رآها فجنر. فقد كان يعتقد أن القارات كما لو أنها تمخر عباب البحر، طافية، ليس على الماء بل على طبقات ليّنة، مصهورة أو نصف مصهورة من القشرة الأرضية. أما النظرية الحديثة للصفائح التكتونية فترى القشرة الأرضية كلَّها، بما فيها قاع البحر، كفئة متكاملة من الألواح المتداخلة ـ تلك «الألواح» كما في «الصفائح المدرعة»، وليست

مثل تلك الصحائف التي تتناول فيها الطعام - وبالتالي لم تكن القارات فقط هي التي تتحرك: لقد كانت الصفائح التكتونية الأرضية التي تستقر عليها، ولا يوجد أي جزء من سطح الأرض ليس جزءا من صفيحة أرضية.

على أن معظم مساحة معظم الصفائح يرقد تحت البحر. وكتل اليابسة التي نعرف أنها قارات هي الأرض العلوية من الصفائح، مغروسة عاليا فوق الماء. وإفريقيا ليست سوى قمة من صفيحة أرضية إفريقية أكبر منها بكثير، والتي تمتد إلى منتصف جنوبي الأطلنطي. وأمريكا الجنوبية هي قمة الصفيحة الأرضية الأمريكية الجنوبية، التي تمتد حتى النصف الثاني من جنوبي الأطلنطي. بينما الصفائح الأرضية هي الصفائح الهندية والأسترالية: والأوراسية التي تتكون من أوربا وكلِّ آسيا فيما عدا الهند؛ والصفيحة الأرضية العربية، التي هي صغيرة نسبيًّا وتتخذ شقًّا صغيرًا بين الصفيحة الأوراسية والصفيحة الأرضية الإفريقية، والصفيحة الأرضية لأمريكا الشمالية، التي تشمل جرينلاند إضافة إلى أمريكا الشمالية وتصل إلى منتصف المسافة عبر قاع المحيط الأطلنطي الشمالي. وهناك بعض الصفائح الأرضية التي يتعذر أن يكون لها أرض جافة فوقها على الإطلاق، على سبيل المثال الصفيحة الأرضية الباسيفيكية الهائلة الحجم.

يأتي التقسيم بين الصفيحة الأرضية لأمريكا الجنوبية والصفيحة الأرضية لإفريقيا مباشرة أسفل منتصف جنوبي الأطلنطي، على مسافة عدة أميال من كل قارة منهما. وعليك أن تتذكر أن الصفائح تشمل قاع البحر، وذلك يعني الصخور الصلبة. وبالتالي كيف أمكن لأمريكا الجنوبية وإفريقيا أن يستكينا معًا قبل 150 مليون سنة؟ قد لا تكون لدى فجنر مشكلة هنا، لأنه كان يعتقد أن القارتين قد انزاحتا بعيدا إحداهما عن الأخرى. لكن لو كانت أمريكا الجنوبية وإفريقيا متضامتين معًا ذات مرة، فكيف لنظرية الصفائح التكتونية أن تفسر لنا سبب انفصال جميع ما تحت

البحر من صخور صلبة في هذه الأيام؟ هل نجحت الأجزاء الكامنة تحت سطح البجر من الصفائح الأرضية الصخرية على نحو ما في النمو؟

انتشار قاع البحر

نعم، تكمن الإجابة فيما يسمى «انتشار قاع البحر». هل تعرف تلك الممرات المتحركة التي تراها في المطارات الكبيرة لتساعد في نقل حقائب المسافرين وتغطي مسافات طويلة، لنقُل، بين المدخل حتى آخر الصالة وقاعة المغادرة؟ وبدلا من الاضطرار للسير كل تلك المسافة، فإنهم يقفون على سير متحرك لينقلهم إلى موضع معين ثم يتعين عليهم بعدها البدء في السير مجددا. والممر المتحرك في المطار لا يتسع إلا لشخصين يقفان جنبا إلى جنب. لكن عليك الآن أن تتخيل ممرًا متحركًا يبلغ اتساعه آلاف الأميال، يمتد معظم الطريق من القطب الشمالي إلى أنتاركتيكا. وتخيل أيضا، بدلا من التحرك بخطى واسعة، فإنه يسير بالسرعة التي تنمو بها الأظافر. نعم، تستطيع أن تخمن ما أعنيه. إذ إن أمريكا الجنوبية، وكل الصفيحة الأرضية لأمريكا الجنوبية قد تمّ تحميلها بعيدا من إفريقيا والصفيحة الأرضية الإفريقية، بطريقة ما مماثلة لمسار متحرك يرقد عميقا تحت قاع البحر ويمتد من أقصى شمال إلى أقصى جنوب المحيط الأطلنطي، بسرعة بطيئة للغاية.

ماذا عن إفريقيا؟ لماذا لا تنتقل الصفيحة الأرضية الإفريقية في الاتجاه نفسه، ولماذا لم تستمر مع الصفيحة الأرضية لأمريكا الجنوبية؟

الإجابة هي أن إفريقيا تقع على ممر متحرك مختلف، والذي ينتقل في اتجاه مضاد. ويتجه الممر المتحرك الإفريقي من الغرب إلى الشرق، بينما الممر المتحرك لأمريكا الجنوبية يتجه من الشرق إلى الغرب. وبناء عليه ماذا يحدث في المنتصف؟ في المرة التالية التي ستكون فيها في

أحد المطارات الكبيرة، توقف مباشرة قبل أن تخطو على الممر المتحرك وقم بملاحظته. إنه ينبعث خارجا من فتحة في الأرض، ويتحرك بعيدا عنك. إنه مجرد حزام، يدور ويدور، ينتقل إلى الأمام فوق الأرض ويعود في اتجاهك تحت الأرض. الآن لتتخيل حزاما آخر، ينبعث من الفتحة نفسها لكنه يسير تماما في الاتجاه المضاد. ولو وضعت قدما على حزام والأخرى على الحزام الثاني، لكانت النتيجة الاضطرارية حدوث عملية الانقسام.

غير أن المكافئ للفتحة في أرض قاع المحيط الأطلنطي يحدث على طول الخط في الأرضية العميقة للبحر من أقصى الجنوب إلى أقصى الشمال. ويسمى سلسلة منتصف الأطلنطي. وينبع «الحزامان» من خلال سلسلة منتصف الأطلنطي وينطلقان في اتجاهين متضادين، أحدهما يحمل أمريكا الجنوبية بثبات متجهًا إلى الغرب، والآخر يحمل إفريقيا بعيدا إلى الشرق. وشأن السيور في المطار، تدور السيور الضخمة لتنقل بنى الصفائح الأرضية في حركة دائرية وتعود إلى أعماق الكرة الأرضية.

في المرة المقبلة التي تكون فيها في أحد المطارات، اصعد على الممر المتحرك ودعه يحملك، بينما أنت تتخيل أنك إفريقيا (أو أمريكا الجنوبية أوكما تفضل). عندما تصل إلى الطرف الآخر للممر المتحرك وتهبط من عليه، لاحظ الممر وهو يغطس تحت الأرض، استعدادا ليشق طريقه عائدا إلى الموضع الذي جئت منه.

يتم التحكم في حركة هذه الممرات بالمطار من خلال محرّكات كهربية. فما الذي يتحكم في حركة السيور التي تحمل الصفائح الأرضية الهائلة بحمولتها القارية؟ في الأعماق تحت سطح الأرض هناك ما يسمى التيارات الحاملة. ما طبيعة هذه التيارات الحاملة (الناقلة)؟ ربما يكون لديك في منزلك مدفأة تعمل بالكهرباء. وفيما يلي نوضح

كيفية عملها في تدفئة الحجرة. في البداية تسخِّن الهواء. ويرتفع الهواء الساخن حتى يصطدم بالسقف، وهناك لا يستطيع أن يرتفع لأكثر من هذا ويضطر للتحرك نحو جوانب الحجرة عن طريق الهواء الساخن الجديد المندفع من أسفل. ومع انتقاله للجوانب، يهبط الهواء البارد لأسفل. وما إن يصطدم بالأرض، يتحرك من جديد إلى الجوانب، مارا على أرض الحجرة حتى يصل إلى المدفأة ويرتفع مرة أخرى. وهذا تفسير بالغ البساطة نوعا ما، لكن الفكرة الأساسية لا تتغير، ففي ظل شروط مثالية، تستطيع المدفأة تحريك الهواء في اتجاه دائري على الدوام. وهذا النوع من الدوران يسمى «التيار الحامل».

وما يحدث في الماء مماثل تماما لذلك. وفي الواقع، يمكن أن يحدث لأي سائل أو غاز. لكن كيف يمكن وجود تيارات حمل تحت سطح الأرض؟ فما يوجد أسفلها ليس سائلا، هل هو كذلك؟ حسناً، نعم هو كذلك ـ نوع من شبيه السائل ليس مثل الماء، لكن نوعا شبيها بـ نصف السائل مثل العسل السميك أو الدبس. ونظرا لارتفاع حرارته على نحو بالغ يصبح كل ما هو موجود مصهورا. وتأتي الحرارة من الأعماق السحيقة. إذ إن مركز الأرض يتسم بسخونة عالية جدًّا، ويستمر تدفق هذه الحرارة حتى مستوى قريب للغاية من سطح الأرض. وفي بعض الأحيان تندفع هذه الحرارة من السطح إلى الخارج في موضع نسميه البركان.

الحرارة تتحكم

تتكون الصفائح الأرضية من الصخور الصلبة، وكما رأينا، يوجد معظمها تحت سطح البحر. ويبلغ سُمك الصفيحة الواحدة عدة أميال. وهذه الطبقة السميكة من الصفيحة المدرعة تسمى غلاف الأرض

الصغرى أو المتكوّر اليابس lithosphere، والتي تعني حرفيًا «كرة من الصخر». وأسفل هذه الكرة الصخرية توجد طبقة أكثر سُمكًا، وذلك إذا صدقت هذا، والتي لا تسمى فعليا كرة الدبس لكن من المحتمل أن تسمى كذلك (وهي بالفعل الدثار العلوي)(*). ويمكن القول إن الصفائح الصخرية الصلبة من الكرة الصخرية «تطفو» فوق كرة الدبس. وتتسبب حرارة الأعماق أسفل وداخل كرة الدبس في تكوين تيارات حمل طاحنة، بطيئة دؤوبة في الدبس، وتيارات الحمل تلك هي التي تتولى حمل الصفائح الصخرية الهائلة الطافية فوقها.

تتبع تيارات الحمل مسارات معقدة شديدة. وعلينا أن نفكر في جميع تيارات المحيط المختلفة، وحتى في الرياح، التي هي نوع من تيارات الحمل عالية السرعة. لذلك لن يكون من المستغرب أن تكون الألواح المتنوعة على سطح الأرض محمولة في كل أنواع الاتجاهات، وليس في اتجاهات تدور وتدور كما لو أنها في جدًّال بسيط فقط. ولا عجب أن تندفع الألواح في اتجاه بعضها بعضًا أو يتباعد بعنف أحدها عن الآخر، ليغطس واحد منها تحت الآخر أو يشق طرقا جانبية بين الآخرين. ولا عجب أن نشعر أن هذه القوى العاتية ـ الطحن، الالتواء، الصخب، الارتطام ـ بمثابة زلازل. ورغم هذه الحال المرعبة للزلازل، فمن العجيب أنها ليست أكثر رعبا.

في بعض الأحيان ينزلق لوح متحرك أسفل لوح مجاور له. ويسمى هذا «الاندساس». وعلى سبيل المثال، فإن جزءا من الصفيحة الإفريقية قد اندست أسفل الصفيحة الأوروآسيوية. وذلك أحد أسباب وجود زلازل في إيطاليا، وأيضا من أسباب بروز قمة فسيوفيوس Vesuvius في

(*) طبقة أرضية تحتية، يبلغ سمكها نحو 4000 كيلو متر، وتقع فوقها القشرة الأرضية التي نعيش عليها، ويبلغ سمكها بين 30: 60 كيلو متر.

العصور الرومانية القديمة وتحطيم مدينتي بومبي Pompeii وهيركولانيوم Herculaneum (لأن البراكين تميل للتكاثر على طول حواف الصفائح الأرضية). وجبال الهيمالايا، بما فيها قمة إفرست، اضطرت إلى هذا الارتفاع الهائل نظرا لأن الصفيحة الهندية قد اندست بإحكام أسفل الصفيحة الأروآسيوية.

لقد بدأنا مع صدع سان أندرياس، لذلك دعونا ننتهي عنده. فهذا الصدع عبارة عن خط «منزلق» طويل مستقيم تقريبا، يصل بين الصفيحة الباسيفيكية وصفيحة أمريكا الشمالية. وتتحرك كل واحدة من الصفيحتين في اتجاه الشمال الغربي، غير أن الصفيحة الباسيفيكية تتحرك بسرعة أكبر. وتقع مدينة لوس أنجلوس على الصفيحة الباسيفيكية، وليس على صفيحة أمريكا الشمالية، وتزحف بتؤدة صوب سان فرانسيسكو، التي يقع معظمها على صفيحة أمريكا الشمالية. والزلازل من الأمور المتوقعة بانتظام في كل هذه المنطقة، ويتنبأ الخبراء بوقوع زلزال كبير في غضون السنوات العشر القادمة تقريبا. ولحسن الحظ، أن كاليفورنيا، بخلاف هايتي، مجهزة تماما لمواجهة الأوضاع المرعبة لضحايا الزلزال.

ذات يوم، ربما ستؤول أجزاء من لوس أنجلوس لتستقر في سان فرانسيسكو. لكن هذا لا يزال طريقا طويلا، ولن يبقى آنذاك من بيننا أحد ليرى هذا.

الفصل الحادي عشر
لماذا تحدث أشياءٌ ضارةٌ؟



لماذا تحدث أشياءٌ ضارةٌ؟ في أعقاب كارثة مروِّعة مثل زلزال أو إعصار، ستسمع من الناس من يقول كلاما من هذا النوع: «إنه لظلم بيِّن. ماذا فعل هؤلاء الناس المساكين ليستحقوا كل هذا المصير؟».

وإذا أصيب رجل طيب حقًا بمرض لعين وتوفي على إثره، بينما يبقى حيًّا رجل طالح في أفضل صحة، مرة أخرى نصيح: «هذا ظلم!». أو يقول أحدهم، «أين العدل في هذا».

من العسير مقاومة هذا الإحساس لأنه، لحد ما، ينبغي أن يكون هناك نوع من العدل الطبيعي. يتعين أن تقع الأشياء الطيبة للناس الصالحين. والأشياء الضارة، إن كان لا بد لها ألّا توجد على الإطلاق، يجب ألا تحدث إلا للأشرار من الناس. وفي مسرحية أوسكار وايلد الممتعة *The Importance of Being Earnest* «أهمية أن تكون جادا»، مربية عجوز تدعى مس بريزم تشرح كيف أنها، من زمن بعيد، كتبت رواية. وعندما تُسأل إن كانت نهايتها سعيدة، تجيب: «الطيبون نهايتهم سعيدة، والأشرار نهايتهم سيئة». وذلك هو ما تعنيه الرواية الخيالية. الحياة الواقعية أمر مختلف. لكن الأشياء دائما ما تحدث، وتحدث للطيبين كما تحدث للأشرار. ما السبب؟ لماذا لا تكون الحياة الحقيقية مماثلة لرواية مس بريزم الخيالية؟ لماذا تقع الأحداث الضارة؟

يعتقد عدد كبير من الناس أن آلهتهم كانوا ينتوون خلق عالم مثالي،

لكن لسوء الحظ حدث شيء ما خطأ ـ وهناك غالبا عدد لا بأس به من الأفكار حول ماهية هذا الشيء. وتعتقد قبيلة الـ دوجون Dogon من غرب إفريقيا أنه عند بداية العالم كانت توجد بيضة كونية فقست ليخرج منها توأمان. وكانت الأمور ستمضي على خير ما يرام إن كانا قد خرجا من البيضة في لحظة واحدة. ولسوء الحظ، جاء فقس أحدهما بسرعة بالغة، وأفسد خطة الآلهة للكمال. وذلك، طبقا لقبيلة الدوجون، سبب حدوث الأشياء السيئة.

وهناك كم كبير من الأساطير حول كيفية قدوم الموت إلى الدنيا. وفي أنحاء إفريقيا، تعتقد قبائل مختلفة أن الحرباء قد أُعطِيت أنباء الحياة الأبدية وقيل لها أن تحملها إلى البشر. لسوء الحظ، أن الحرباء سارت ببطء شديد (هي تفعل ذلك، وأنا أعلمه فقد كان لدي وأنا طفل في إفريقيا حرباء أليفة تسمى هوكارياه) حتى أن أنباء الموت، التي تحملها سحلية سريعة، (أو أي حيوان سريع الحركة في نسخ أخرى من الأسطورة) وصلت أولًا. وفي إحدى أساطير غرب إفريقيا، كانت أنباء الحياة مجلوبة بواسطة ضفدع طين بطيء الحركة، ولسوء الحظ، تغلَّب عليه كلب سريع كان حاملا لأنباء الموت. ويتعين عليّ أن أقول إنني في حيرة لحد ما لماذا ينبغي لترتيب وصول مثل هذه الأنباء أن تكون لها هذه الأهمية الكبيرة. فالأنباء السيئة تظل سيئة أيًا كان موعد وصولها.

والأمراض نوع خاص من الأشياء السيئة، وقد كانت مصدرا للعديد من الأساطير المتعلقة بها. وأحد أسباب ذلك أن الأمراض ظلّت لفترة طويلة أمرا يتسم بالغموض نوعًا ما. وقد واجه أسلافنا أخطارًا أخرى ـ من الأسود والتماسيح، من القبائل المعاديّة، من التهديد بالموت جوعا ـ لكنك تستطيع أن تراها وهي قادمة، وتفهمها. فالجدري، على الجانب

الآخر، أو الموت الأسود (الطاعون)، أو الملاريا لا بد أنها كانت تنقض عليهم من مكان مجهول، دون تحذير مسبق، ولم يكن واضحا لهم كيفية وقاية أنفسهم من هذه الغزوات. لقد كانت تمثل لهم غموضًا مرعبًا. فمن أين كانت تأتي الأمراض؟ ماذا فعلنا لنستحق هذا الموت البغيض، أو آلام الأسنان البشعة هذه، أو هذه البقع الكريهة؟ ولا عجب أن لجأ الناس إلى الخرافات وهم يحاولون يائسين أن يفهموا الأمراض، وحتى أكثر من هذا يحاولون يائسين حماية أنفسَهم منها. وفي قبائل إفريقية كثيرة، وحتى وقت قريب، أي شخص يصاب بمرض، أو لديه طفل مريض، يتعيّن عليه في الحال أن يبحث عن ساحر شرير أو ساحرة شريرة ليحمّله (أو يحمِّلها) المسؤولية.

لو كانت طفلتي تعاني من حمّى شديدة، فلا بد أن سبب ذلك أن عدوًا دفع لطبيبة ـ كانت مجرد ساحرة شريرة ـ لتقرأ عليها تعويذة. أو ربما كان لأنني لم أتحمل تقديم أضحية عند مولدها. أو لعلّه بسبب أن يرقة خضراء اتّخذت مسارها أمامي ونسيت أن أبصق الروح الشريرة.

وفي اليونان القديمة، كان على الحجّاج المرضى أن يقضوا الليل في معبد مخصص لـ أسكليبيوس Asclepius، إله الشفاء والطب. وكانوا يعتقدون أن الإله إما أن يداويهم بنفسه أو يكشف عن العلاج في حلم. وحتى في هذه الأيام، يسافر عدد كبير يبعث على الدهشة من المرضى إلى أماكن مثل لورديس Lourdes، حيث يغطسون في بركة مباركة على أمل أن تشفيهم المياه المقدسة (بالتأكيد، يمكن للمرء أن يرتاب في أن الأكثر احتمالا أنهم سيلتقطون شيئا ما من جميع الناس الآخرين الذين اغتسلوا في المياه نفسها). وبلغ عدد من حجوا إلى لورديس نحو 200 مليون شخص على مدى الـ 140 عاما الماضية،

آملين في الشفاء. وفي حالات كثيرة لا تكون أوضاعهم سيئة جدًّا، ويعبّرون بامتنان عن تحسّن صحتهم غالبا ـ كما يرغبون على أي حال، من خلال الحَجّ أو دونه.

وأبوقراط Hippocrates، «أبو الطب» اليوناني القديم، الذي منح اسمه للقسَم الخاص بالسلوك القويم الذي من المفترض أن يراعيه جميع الأطباء، كان يعتقد أن الزلازل تُعدُّ سببًا مهما للأمراض. وفي العصور الوسطى، كان كثير من الناس يعتقدون أن سبب الأمراض يرجع لحركة الكواكب في خلفيات النجوم. وذلك جزء من معتقدات تسمى علوم الفلك، والذي هو من السخف بما لا يخفى، ولا يزال له أتباع كثيرون حتى في هذه الأيام.

والأسطورة التي حازت أقصى مقاومة حول الصحة والمرض، والتي استمرت من القرن الخامس قبل الميلاد حتى القرن التاسع عشر الميلادي، كانت أسطورة «الأخلاط» الأربعة. وعندما نقول هذه الأيام إنه «في مزاج طيب» يكون ذلك هو الموضع الذي جاءت منه الكلمة، رغم أن الناس لا يعتقدون في الفكرة الكامنة وراءها. وكانت الأخلاط الأربعة هي الدم والبلغم والصفراء والسوداء. وكان من المعتقد أن الصحة الجيدة تعتمد على «توازن» صحيح فيما بينها، ولا يزال بالإمكان سماع ما يشبه ذلك لحد ما من «المعالجين» الدجالين حاليا الذين يلوحون بأياديهم فوق المريض من أجل عمل «توازن لأنواع الطاقة»، أو «الشاكرات».

بالتأكيد ليس بمقدور نظرية الأخلاط الأربعة مساعدة الأطباء في علاج الأمراض، لكن قد لا يكون لها ضرر كبير فيما عدا أنها ربما تؤدي إلى «نزيف» المرضى. ويتضمن هذا فتح وريد دموي بآلة حادة تسمى المشرط (أداة الفصد)، وسحب كميات من الدم في إناء خاص.

وهذا، بطبيعة الحال، يؤدي بالمريض المسكين إلى زيادة علته (ويُنسب لهذه العملية أنها تسببت في وفاة جورج واشنطن). لكن كان الأطباء يعتقدون بشدة في الأسطورة القديمة عن الأخلاط حتى إنهم كانوا يمارسونها عدة مرات. فضلا عن ذلك، لم يكن الناس يذهبون لعملية الفصد وهم مرضى فقط. ففي بعض الأحيان كانوا يطلبون من الأطباء إجراء هذه العملية قبل إصابتهم بمرض معين، على أمل أن يحول ذلك دون تعرضهم للداء.

ذات مرة، وأنا مازلت بالمدرسة، طلب منّا مدرسنا أن نفكر في سبب حدوث الأمراض. رفع أحد الأولاد يده واقترح أنها نتيجة لـ «الخطيئة». يوجد كثير من الناس، حتى في أيامنا هذه، يعتقدون أن أمورا من هذا النوع هي السبب في الأشياء الضارة، بشكل عام. وتقترح بعض الأساطير أن الأشياء الضارة التي تحدث في العالم نتيجة لأن أسلافنا مارسوا شرورًا قبل زمن طويل. وكنتُ قد ذكرتُ الأسطورة اليهودية عن خلق سلفيْنا آدم وحواء. وسوف تتذكر أن آدم وحواء أقدما ببساطة على فعل شيء رهيب: إذ سمحا لأنفسهما بالخضوع لإغواء الحيّة بتناول الفاكهة من الشجرة المحرّمة. وهذه الجريمة الخرافية تردد صداها عبر العصور ولا تزال تحظى باعتبار لدى بعض الناس بأنها المسؤولة عن كل الشرور التي تحدث في العالم حتى هذا اليوم.

وتتحدث كثير من الأساطير عن نزاعات ثارت بين الآلهة الطيبين والآلهة الأشرار (الشياطين). والأشرار منهم يتحملون مسؤولية كل المساوئ التي جرت في العالم. أو لربما كانت هناك روح وحيدة للشر، تسمى الشيطان (إبليس)، أو شيئا قريبا من هذا، الذي يخوض حربا ضد الإله الطيب أو الآلهة الطيبين. وإذا لم يكن ثمة وجود لهذا الصراع بين الشياطين والآلهة، لما حدثت هذه الشرور.

ما السبب الحقيقي للأشياء الضارة؟

ما سبب حدوث واقعة ما؟ ذلك سؤال معقد تتعذر الإجابة عليه، لكنه سؤال أكثر معقولية من «ما سبب حدوث الأشياء السيئة؟». ذلك لأنه لا يوجد سبب لانتقاء الأشياء السيئة لملاحظتها بشكل خاص إلا لو كانت تلك الأشياء تحدث بمعدل يزيد عن توقعاتنا لها من باب المصادفة، أو لو أننا نفكر في ضرورة وجود نوع من الإنصاف الطبيعي، الذي ربما يعني أنه يجب أن تقع الأشياء السيئة للناس السيئين.

هل تحدث الأمور السيئة بمعدل يفوق ما ينبغي أن نتوقعه لها بالمصادفة وحدها؟ لو كان كذلك، إذن فنحن لدينا في الواقع ما نودّ إيضاحه. لعلك استمعت إلى أناس يتحدثون بفكاهة عن «قانون مورفي Murphy's Law» والذي يسمى أحيانا «قانون سود Sod's Law». وينص على التالي: «إذا أسقطت قطعة من الخبز وعليها بعض من مربى البرتقال على الأرض، فدائما ستقع على الجانب الذي به المربى» . أو بصورة أكثر عمومية «لو استطاعت الأشياء أن تمضي في الطريق الخطأ، فإنها ستفعل ذلك». وغالبا ما يتفكّه الناس بذلك، لكن أحيانا ما ينتابك إحساسٌ بأنهم يعتقدون أن ذلك يتجاوز المزاح. يبدو أنهم في الواقع يعتقدون أن العالم يسعى للنيْل منهم.

وأنا أقوم بعمل بعض الأفلام الوثائقية المعينة للتليفزيون، ومن الأشياء التي يمكن أن تكون ضارة عمل الفيلم «في موقع» تتخلله ضوضاء غير مطلوبة. فعندما تحلق طائرة بالقرب منّا، نضطر لإيقاف التسجيل والانتظار حتى تمضي بعيدا، وقد يتسبب هذا في إثارة بالغ الضيق. فالأزياء الدراميّة للحياة في القرون المبكرة تتعرض للتلف حتى من خلال آثار أزيز طائرة. ولدى العاملين بالفيلم اعتقاد خرافي بأن الطائرة تختار بعناية اللحظات المطلوب فيها الهدوء التام كأهمية قصوى لتطير فوق رؤوسنا ويستدعون قانون سود.

وأخيرًا، اختار العاملون بفيلم كنت أشتغل فيه موقعًا شعرنا على نحو مؤكد أن به أدنى حد من الضوضاء، كان مرجًا أخضر خاليا هائل المساحة قريبا من أكسفورد. ووصلنا مبكرا في الصباح لنعيد التأكد مجددًا من السلام والهدوء ـ فقط لنكتشف، عقب وصولنا، رجلا أسكتلنديًّا بمفرده يمارس النفخ في مزمار ريفي (ربما كان مطرودا من المنزل كعقاب من زوجته). صحنا جميعا: «قانون سود!». والحقيقة، بطبيعة الحال، أن الضوضاء تستمر معظم الوقت، لكننا لا نلاحظها إلا لو أثارت غضبنا، كما في حالة تداخلها مع تسجيل عمل سينمائي. ثمة نوع من التحيز في ملاحظتنا لما يغضبنا، وهذا يجعلنا نعتقد أن العالم يفعل ما يغضبنا عامدًا.

في حالة قطعة الخبز، لن يكون مثيرا للدهشة اكتشاف أنها في الواقع تسقط على الجانب الذي به مربى البرتقال لمرات أكثر غالبا من حدوث العكس، نظرا لأن الموائد ليست على ارتفاع شاهق، ستبدأ قطعة الخبز والمربى لأعلى وعادة ما يكون هناك وقت لتقوم بنصف دورة في الهواء قبل أن تصطدم بالأرض. غير أن مثال قطعة الخبز مجرد وسيلة مبهجة للتعبير عن الفكرة الكئيبة عن «لو استطاع شيء أن يمضي في الخطأ لفعَل».

ربما يكون هذا مثالا أفضل لقانون سود. «عندما تقذف قطعة عملة، فكلما زادت رغبتك في الحصول على صورة الملك، زاد احتمال أن تأتي صورة الكتابة». تلك على الأقل، هي الرؤية المتشائمة. وهناك المتفائلون، الذين يعتقدون أنه كلما أردت صورة الملك، لزاد احتمال أن تأتي العملة بصور الملك. وربما نستطيع أن نطلق على هذا «قانون التفاؤل المفرط Pollyanna's Law ـ الاعتقاد المتفائل بأن الأشياء عادة ما يثبت أنها في الجانب الصحيح. أو يمكن تسميته «قانون التفاؤل

الساذج «Pangloss's Law»، عقب اختراع اسم هذه الشخصية على يد الكاتب الفرنسي العظيم فولتير. إذ كان الدكتور بانجلوس - كشخصية من اختراعه - يعتقد أن «كل شيء يسير للأفضل في هذا العالم الأفضل من بين كل العوالم المحتملة».

عندما تضع الأمر على هذا النحو، تستطيع أن ترى على الفور أن قانون سود وقانون التفاؤل المفرط ليسا بذي بال. فالعملات وشرائح الخبز لا وسيلة لديهما لمعرفة قوة رغباتك، ولا رغبة لديها في إعاقتها - أو تحقيقها. كذلك، ما هو سيئ بالنسبة لشخص ما ربما يكون حسنًا لآخر. ولاعبا التنس المتنافسان قد يصلّي كلٌّ منهما بحرارة من أجل تحقيق الفوز على الآخر، لكن لابد لأحدهما أن يخسر! وليس هناك سبب خاص لطرح السؤال «لماذا تحدث الأشياء الضارة؟» أو، في السياق ذاته، «لماذا تحدث الأشياء الطيبة؟» والسؤال الحقيقي الذي يتسع للاثنين هو سؤال أكثر عمومية: «لماذا يحدث كل شيء»؟

الحظ.. الفرصة والسبب

أحيانا يقول الناس، «كل ما يحدث وراءه سبب معلوم». وبمعنى ما فذلك حقيقي. فكل ما يحدث له سبب معين - أي أن الأحداث لها أسباب، والسبب يأتي دائما قبل الحدث. فقد حدثت أعاصير تسونامي بسبب وقوع زلازل تحت سطح البحر، والزلازل تحدث نتيجة الإزاحات في الصفائح التكتونية، كما رأينا في الفصل العاشر. ذلك هو المعنى الحقيقي الذي به «كل شيء يحدث لسبب ما»، المعنى الذي من خلاله «السبب» يعني «سببا في الماضي». لكن الناس أحيانا يستخدمون السبب بمعنى مختلف تماما والمقصود منه شيء ما يشبه «الغرض». سوف يقولون شيئا ما يشبه «كانت تسونامي عقابا لنا على

خطايانا» أو «السبب من تسونامي كان هدم نوادي العراة وصالات الديسكو والبارات وغيرها من أماكن الإثم». وإنه لأمر غريب أن يلجأ الناس دائما لهذا النوع من الهراء.

ربما كان ذلك أثرًا من آثار الطفولة. وقد أوضح علماء نفس الأطفال أن الأطفال بالغي الصغر ـ حين يُسألون عن سبب أن نوعًا معينًا من الصخور مدبب الرأس ـ يستبعدون الأسباب العلمية كتفسير ويفضلون الجواب: «كي تتمكن الحيوانات من استخدامها في حك جلودها». ومعظم الأطفال ينشأون على ذلك النوع من التفسير عن الصخور مدببة الرأس. لكن يتضح أن عددًا كبيرًا من البالغين لا يمكنهم التخلص من أنواع مماثلة للتفسير عندما نصل إلى نكبات مثل الزلازل، أو إلى حسن الطالع كما يحدث للمحظوظين الهاربين من الزلازل.

ماذا عن «سوء الحظ»؟. هل يوجد حقا ما يمكن أن يسمى سوء الحظ، أو حسن الحظ؟.. هل بعض الناس أكثر حظا من الآخرين؟ يتحدث الناس أحيانا عن «مسار» للحظ السيئ. أو سيقولون: «كثير جدًّا من الأمور السيئة حدثت لي في الفترة الأخيرة، في الواقع أنا في انتظار قدر من حسن الحظ». أو قد يقال: «فلانة الفلانية حظها سيئ، أمورها ليست على ما يرام».

«أنا في انتظار قدر من حسن الحظ» مثال على سوء الفهم واسع الانتشار لـ «قانون المتوسطات». في لعبة الكريكيت، هناك غالبا فرق كبير للفريق الذي يسدد الضربات أولًا. إذ يرمي رئيسا الفريقين قطعة العملة في الهواء لتحديد البادئ باللعب، ويراود مشجعي كلٍّ فريق أملٌ كبيرٌ في حصول فريقهم على ضربة البداية. وقبل مباراة جرت أخيرًا بين الهند وسريلانكا، طرحت صفحة ياهو yahoo على الإنترنت السؤال التالي: «هل سيكون دوني Dhoni (رئيس فريق الهند) محظوظا مرة أخرى في عملية تحديد البادئ باللعب؟».

من بين الإجابات التي تلقوها اختيرت هذه باعتبارها «أفضل الإجابات»: «لديّ اعتقاد جازم في قانون المتوسطات، لذلك سيكون رهاني على سانجاكارا Sangakkara (رئيس فريق سيريلانكا) كونه محظوظا ويفوز بعملية تحديد البادئ المثيرة جدًا».

هل تستطيع أن ترى إلى أي حد وصل هذا الهراء؟ ففي عدد من المباريات السابقة، كان دوني يفوز بضربة البداية في كل مرة. ومن المفترض أن العملات غير منحازة. لذلك ينبغي النظر إلى قانون المتوسطات المُساء فهمه على أن دوني، المحظوظ دائما حتى الآن، لا بد له حاليًا أن يخسر عملية تحديد البادئ بضربة البداية لإصلاح التوازن. وثمة طريقة أخرى في تناول هذا وهي القول بأنه قد جاء الدور الآن على سانجاكارا للفوز بعملية تحديد البادئ بضربة البداية. أو أنه ليس من الإنصاف أن يفوز دوني بضربة البداية مرة أخرى. لكن الحقيقة هي أنه ليس مهمًا عدد المرات السابقة التي فاز بها دوني في عملية تحديد البادئ بضربة البداية، إذ إن فرص فوزه بها مرة أخرى في هذه المرة هي دائما 50:50 «مرة» و«الإنصاف» ببساطة لا يأتي إليها، ولعلنا نهتم بالإنصاف وعدم الإنصاف، لكن العملات المعدنية لا تمنح عملية لتحديد البادئ بضربة البداية! وكذلك الكون على إطلاقه.

صحيح أنك لو قذفت قطعة عملة لـ 1000 مرة، فمن المتوقع تقريبا الحصول على 500 صورة و500 كتابة. لكن افترض أنك قذفتها 999 مرة وفي النهاية جاءت بالصورة في كل مرة، فعلى أي شيء سيكون رهانك في الرمية الأخيرة؟ طبقا لسوء الفهم واسع الانتشار لقانون «المتوسطات» ينبغي أن تراهن على الكتابة، لأن هذا هو دورها، وأن هذا لن يكون من الإنصاف إطلاقا إذا جاءت بالصورة من جديد. لكنني قد أضع رهاني

على الصورة، وستفعل ذلك أنت أيضا لو كنت عاقلًا. ويقترح تتالي 999 صورة في تعاقب متصل أن شخصًا ما يعبث بالعملة، أو بطريقة قذفها. و«قانون المتوسطات» المُساء فهمه هو الصخرة التي تَحَطَّم عليها العديد من المقامرين.

من المعترف به، كنوع من الإدراك المتأخر يمكن أن تقول، «كان سانجاكارا سيئ الحظ للغاية في خسارته لعملية تحديد البادئ باللعب، لأن ذلك كان يعني أن الهند كانت تلعب برامٍ ممتاز للكرة وقد ساعدهم ذلك على تجميع عدد هائل من الأهداف». ولا خطأ في ذلك. فما تقوله أنت هو أنه في هذه المرة كان الفوز بضربة بدء اللعب في واقع الأمر قد صنع فارقا، وبالتالي من كان يفوز دائما بعملية تحديد البادئ في هذه المناسبة الخاصة كان محظوظا للغاية بينما يفعل ذلك. وما لا يجب أن تقوله أنه نتيجة لأن دوني قد فاز في عملية تحديد البادئ في مناسبات كثيرة سابقة، فقد جاء الدور على سانجاكارا هذه المرة! كما لا يتعين أن تقول شيئا من نوع: «أحيانا ما يكون دوني لاعب كريكيت ممتازا، لكن السبب الحقيقي لضرورة اختيارنا له رئيسا للفريق أنه محظوظ جدًّا في الفوز بعملية تحديد البادئ». ونظرا لأن حسن الحظ في تحديد البادئ بقذف العملة ليس شيئا يمتلكه أفراد من الناس. يمكنك أن تقول عن لاعب كريكيت إنه ضارب ممتاز أو لاعب بولنج سيىء. لكنك لاتستطيع الحديث عنه كفائز ماهر في عملية تحديد البادئ أو فاشل في الفوز بهذه العملية.

ولهذا السبب بالتحديد، سيكون من العبث التام أن تفكر في إمكانية جلب الحظ بارتداء تعويذة لجلب الحظ حول رقبتك. أو بتشبيك أصابعك خلف ظهرك. هذه الأشياء لا أهمية لها على الإطلاق في التأثير على ما يحدث لك إلا ببعض التأثير على ما تشعر به: إذ قد تمنحك ثقة

إضافية في تهدئة أعصابك قبل قذف كرة التنس، على سبيل المثال. لكن ذلك لا يعني شيئا فيما يخص الحظ، إنه يتعلق بعلم النفس.

أجل، يُوصف بعض الناس بأنهم «أكثر عرضة للإصابة بالحوادث». وهذا حسنٌ، إذا كان ذلك يعني فقط شيئا من نوع «أخـرق»، أو من المحتمل بشكل خاص أنه كثير السقوط أو يعاني من سوء الحظ. وإذا كنت تريد مثالا مضحكا حقا عن «الأكثر عرضة للإصابة بالحوادث» ، شاهد الفيلم المرح The Pink Panther، بطولة بيتر سيلرز Peter Sellers في دور المفتش جاك كلوزو Jacques Clouseau. وعلى نحو مستمر يقع المفتش كلوزو في مواقف حرجة ومسلية، لكن ذلك بسبب غفلته المعتادة، وليس بسبب سوء «حظه» الدائم، وفق الطريقة التي يستخدم الناس بها هذه العبارة. (بالمناسبة، حاول مشاهدة النسخة الأصلية من هذا الفيلم، وليس النسخ التالية له، والمقتبسة منه بأسماء مشابهه مثل The Pink Panther's Revenge–، Son of Pink Panther، وهكذا).

التفاؤل المفرط والبارانويا

وهكذا رأينا أن الأشياء الحسنة شأنها شأن الأشياء السيئة لا تحدث واحدة منهما بمعدل يفوق الأخرى إلا من قبيل المصادفة. والكون لا يملك عقلا أو أحاسيس أو شخصية، وبالتالي لا يفعل شيئا من باب أنه يودّ أن يسبب لك الأذى أو النفع. إذ إن الأشياء السيئة تحدث لأنها أشياء تحدث. وسواء كانت سيئة أم طيبة من وجهة نظرنا فلن يؤثر هذا على الاحتمالية التي ستحدث بها. وبعض الناس يجدون صعوبة في قبول هذا. ولعلّهم يفضلون عليه الاعتقاد بأن ينال الخطاة عقابهم، ويحصل المحسنون على ثوابهم. ولسوء الحظ، فإن الكون لا يأبه بما يفضله الناس.

لكن الآن، بعد أن تحدثنا في كل ذلك، ينبغي أن نتوقف للتفكير. على نحو كافٍ يبعث على البهجة ينبغي لي أن أعترف بأن شيئا ما في قانون سود صحيح بدرجة أو بأخرى. وبالرغم من أنه ليس صحيحًا بأي شكل أن الطقس، أو أيَّ زلزال موجود في الخارج كي ينال منك (لأنهما لا يهتمان بك، بصورة أو بأخرى)، فالأشياء تصبح مختلفة، بقدر ما، عندما نتحول إلى التطوّر. فإذا كنت أرنبًا، فالثعلب في الخارج لينال منك. ولو كنت سمكة منوة صغيرة(*)، ستوجد سمكة كراكي(**) إلى الخارج كي تنال منك. أنا لا أعني أن الثعلب وسمكة الكراكي يفكران في ذلك، رغم أن هذا محتمل. وسأكون سعيدا بنفس القدر وأنا أقول إن أي فيروس في الخارج لينال منك، ولا أحد يعتقد أن الفيروسات تفكر في أي شيء. لكن التطور من خلال الانتقاء الطبيعي تمّ النظر إليه على أن الفيروسات والثعالب والكراكي تسلك بأساليب تضر على نحو فعال بضحاياها ـ تسلك كما لو أنها إلى الخارج بشكل مدروس كي تنال منها ـ وهي أساليب لا يمكنك أن تقول إنها لزلازل أو أعاصير أو براكين. فالزلازل والأعاصير والبراكين ضارة بضحاياها، لكنها لا تتخذ خطوات فعالة لعمل أشياء ضارة: إنها لا تتحذ خطوات فعالة لعمل أي شيء، إنها تحدث وفقط.

الاختيار الطبيعي، الصراع من أجل البقاء كما سمّاه داروين Darwin، يعني أن كل كائن حي لديه أعداء يعملون بمنتهى الجد للإطاحة به. وفي بعض الأحيان تعطي الخدع التي يستخدمها الأعداء الطبيعيّون مظهرا بكونها مخططة بمهارة. فشبكات العنكبوت، على سبيل المثال، مصايد

(*) تعيش في المياه العذبة ـ المترجم.

(**) سمكة تعيش في المياه العذبة طولها 4 أقدام ـ المترجم.

بريئة مقامة لحشرات لا تتوقعها. وهناك حشرة صغيرة جبانة تسمى ليث عفرين antlion تحفر مصايد مموهة لفرائسها كي تسقط فيها. وهذه الحشرة نفسها تبقى أسفل الرمل في قاع الحفرة المخروطية التي تصنعها، وتقبض على أي نملة تسقط في الحفرة. ولم يقترح أحد أن العنكبوت أو ليث عفرين يتسم بالعبقرية، لأنه اخترع مصيدته الماكرة. لكن الاختيار الطبيعي جعلهم يطوّرون أمخاخا تسلك بوسائل تبدو بهذه العبقرية في أعيننا، وبالطريقة نفسها، يبدو جسد الأسد مصمما على نحو مبدع يتيح له إنهاء مصير الظباء والحمر الوحشية. ونستطيع أن نتخيل أنه ـ لو كنتَ ظبيا ـ ربما يبدو الأسد المتشامخ، المطارِد، المندفع من الخارج موجودا للنيل منك.

ومن السهل أن نرى الحيوانات المفترسة (الحيوانات التي تقتل الحيوانات الأخرى ثم تقتات عليها) تعمل من أجل الإطاحة بفريستها. لكن من الصحيح أيضا أن الفرائس تعمل على الإطاحة بالحيوانات التي تسعى لافتراسها (الطرائد). وهي تعمل جاهدة للهروب كيلا تُؤكل، ولو نجحت جميعُها في مسعاها لتضورت طرائدها من الجوع حتى الموت. والأمر نفسه يتحقق بين الطفيليات ومعيلاتها، كما يحدث بين أعضاء النوع الواحد، فجميعها تسعى ـ على نحو حقيقي أو محتمل ـ للتنافس مع بعضهم بعضًا. ولو كانت الحياة ميسّرة، لكان الانتقاء الطبيعي يفضِّل تطوير التحسينات في الأعداء، سواء كانت فرائس، طرائد، طفيليات، معيلات أو متنافسين: تحسنات ستجعل الحياة شاقة من جديد. الزلازل والأعاصير القُمعية من الأحداث غير السارة وربما حتى تندرج ضمن مسمى الأعداء لكنها ليست موجودة «في الخارج للنيل منك» بنفس نوع «قانون سود» في الطريقة التي تتبعها الطرائد والطفيليات.

ولهذا نتائج على نمط التوجه العقلي الذي يمكن أن يتوقعه أي حيوان

بري، مثل الظباء. فلو كنتَ من الظباء ورأيت الحشائش الطويلة تتماوج بقوة، فقد يكون ذلك فقط بسبب الريح. وتلك حال لا تستدعي إثارة القلق، لأن الريح ليست في الخارج كي تنال منك: وهذا لا يمثل اختلافا كاملا للظباء ولصالحها. لكن هذا التماوج في الحشائش الطويلة قد يكون فهدا متوثبا، وأي فهد بالتأكيد غالبا في الخارج كي ينال منك: فمذاقك شهي للفهد وكان الانتقاء الطبيعي يستحسن الفهود الأسلاف التي تجيد قنص الظباء. وبالتالي ينبغي على الظباء والأرانب وأسماك المنوة، ومعظم الحيوانات الأخرى أن تتوخى الحذر على نحو دائم. فالعالم مكتظ بالطرائد الخطيرة، والأكثر أمانا اعتبار كل شيء بسيط من نوع قانون سود أمرا حقيقيا. دعونا نضع ذلك بلغة شارلز داروين، لغة الانتقاء الطبيعي: أفراد الحيوانات تلك - التي تتصرف كما لو كان قانون سود صحيحا - تزداد احتمالات بقائها على قيد الحياة وتناسلها أكثر من أفراد الحيوانات التي تتبع قانون التفاؤل المفرط.

أنفق أسلافنا جزءا كبيرا من أوقاتهم في الأخطار المُهلكة من السباع والتماسيح، الأفاعي والفهود. وبالتالي ربما ولّد هذا إحساسا لدى كل فرد بتبني وجهة نظر متشككة عن العالم - حتى قد يسميها البعض وجهة نظر بارانوية - ترى تهديدا محتملا في أي حشائش تتمايل مع الريح، أي لمحة لبرعم، وافتراض أن شيئا ما في الخارج كي ينال منه، وأن عميلا مؤكدا يخطط لإزهاق روحه. و«التخطيط» هو الوسيلة الخاطئة في النظر لهذه العملية لو كنتَ تفكر فيها باعتبارها مخططا تفصيليا، لكن من اليسير وضع الفكرة بلغة الانتقاء الطبيعي: «ثمة أعداء في الخارج هناك، تشكلوا من خلال الانتقاء الطبيعي ليسلكوا كما لو أنهم كانوا يخططون لقتلك. العالم في الخارج كي ينال مني. وربما يكون قانون سود صحيحا أو غير صحيح، لكن ممارسته باعتباره صحيحا أكثر أمانا من ممارسته كما لو كان قانون التفاؤل المفرط صحيحا».

لعل هذا أحد أسباب أن كثيرا من الناس، في هذه الأيام، لديهم اليقين بأن العالم موجود في الخارج كي ينال منهم. وعندما يمضي هذا لمدى بعيد جدًّا ، نقول: إنهم بارانويا Paranoid.

المرض والتطور. هل يعملان باطراد؟

كما سبق وقلت، إن الحيوانات المفترسة ليست الأشياء الوحيدة في الخارج كي تنال منا. فالطفيليات كتهديد لنا أكثر منها مكرا، لكنها تعادلها في الخطورة. وتشتمل الطفيليات على الديدان الشريطية والمُثقِبات، البكتيريا والفيروسات، التي تعتاش على التغذية من أجسادنا. والحيوانات المفترسة أيضا تتغذى على أجساد الحيوانات، لكن عادة ما يكون التميز بين الحيوان المفترس والطفيل متسما بالوضوح. فالطفيليات تتغذى على ضحايا لا تزال على قيد الحياة (رغم أنها في النهاية قد تتسبب في قتلهم) وهي عادة ما تكون أصغر من ضحاياها. أما الحيوانات المفترسة فإما أن تكون أكبر حجما من ضحاياها (مثل القط مقارنة بالفأر) أو، لو كان أصغر حجما (مثل الأسد الأصغر من الحمار الوحشي)، إلا أنه لا يكون أصغر منه كثيرا. والحيوانات المفترسة تقتل ضحاياها مباشرة ثم تلتهمها. والطفيليات تأكل ضحاياها بمعدل أكثر بطئا، وقد يبقى الضحية حيّا لفترة طويلة والطفيل يتوغل داخله لمدى بعيد.

عادة ما تشنّ الطفيليات هجومها بأعداد كبيرة، مثلما يحدث حين تعاني أجسامنا من عدوى شديدة بفيروس الإنفلونزا أو البرد. والفيروسات بالغة الصغر بحيث يتعذر رؤيتها بالعين المجردة تُسمى «الجراثيم»، لكن هذه كلمة لا تتسم بالدقة. وهي تشمل الفيروسات، التي هي صغيرة الحجم جدًّا جدًّا في الواقع ـ البكتيريا ـ وهي أكبر حجما من الفيروسات، لكنها ما تزال بالغة الصغر (وثمة فيروسات

تسلك باعتبارها طفيليات على البكتيريا)؛ والكائنات الأخرى وحيدة الخلية مثل طفيل الملاريا، التي هي أكبر حجما بكثير من البكتيريا لكنها لا تزال تبلغ حدا من الصغر لا يتسنى معه رؤيتها دون الميكروسكوب. وليس لدى اللغة الشائعة اسم عام لهذه الطفيليات وحيدة الخلية الأكبر حجما. ويمكن لبعضها تسميته البروتوزوا Protozoa، لكنه الآن تعبير تجاوزه الزمن. وتضم الطفيليات المهمة الأخرى معها الفطريات، على سبيل المثال القوباء الحلقية والقدم الرياضي (أشياء كبيرة الحجم مثل نبات المشروم والجاريقون toadstool تعطي انطباعا خاطئا بما تكون عليه معظم الفطريات).

من الأمثلة على الأمراض البكتيرية مرض السل، بعض أنواع التهابات الرئة، السعال الديكي، الكوليرا، الدفتيريا، الجذام، الحمّى القرمزية، الدمامل والتيفوس. وتشمل الأمراض الفيروسية الحصبة، الجديري المائي، التهاب الغدة النكفية، الجدري، القوباء المنطقية، داء الكلب، شلل الأطفال، الحصبة المائية، سلاسل متنوعة من الإنفلونزا وعنقود من الأمراض نطلق عليها اسم «أمراض البرد الشائع». كما أن الملاريا، والدوسنتريا الأميبية ومرض النوم من بين الأمـراض الناجمة عن البروتوزوا Protozoa. والطفيليات المهمة الأخرى التي لا تزال كبيرة الحجم - بما يتسنى رؤيتها بالعين المجردة - تشمل الأنواع المختلفة من الديدان، ومنها الديدان المسطحة والديدان المستديرة والمثقبة (المخلبية). وعندما كنت طفلا يعيش في مزرعة، دائما ما كنت أعثر على حيوان ميت مثل ابن عرس أو حيوان الخُلْد أو... إلخ. وكنت أدرس علم الأحياء في المدرسة، وكنت مهتما بشدة بتقطيع وفحص هذه الجثامين حالما أجدها. والشيْء الأساسي الذي انطبع داخلي، الكم الهائل لهذه الديدان الملتوية الحية (ديدان مستديرة، وتسمى تقنيا الديدان المدورة).

ولم يكن الأمر نفسه حقيقيا بالمرة بالنسبة للفئران والأرانب المحلية التي كانت تقَدَّم لنا لتشريحها في المدرسة.

للجسم منظومة بارعة للغاية ومؤثرة عادة ما تخص الدفاع الطبيعي في مواجهة الطفيليات والتي تسمى جهاز المناعة. والجهاز المناعي بالغ التعقيد حتى إنه ربما يحتاج كتابًا كاملًا لشرحه. باختصار، ما أن يشعر بطفيل خطير حتى يتم نوع من تعبئة الجسم لإنتاج خلايا معينة، تكون محملة بواسطة الدم لخوض معركة كأنها أحد الجيوش، مجهزة بخطط تفصيلية لمهاجمة الطفيليات المعينة. وعادة ما يحقق جهاز المناعة الفوز، ويشفى الفرد. بعد ذلك، «يتذكر» جهاز المناعة المعدات الجزيئية التي تطورت من خلال هذه المعركة الخاصة، وأي عدوى تالية عن طريق هذا النمط نفسه من الطفيل تلقى الهزيمة في الحال إلى الحد الذي لا يثير انتباهنا إليه. وذلك هو السبب في أنك لو تعرضت لمرض مثل الحصبة أو التهاب الغدة النكفية أو جديري الماء، لأصبح من المحتمل بنسبة كبيرة ألا تصاب به مرة أخرى. واعتاد الناس على الاعتقاد بأنها فكرة جيدة لو أصيب الأطفال بالتهاب الغدة النكفية، مثلا، لأن «ذاكرة» جهاز المناعة سوف تقيهم من الإصابة به وهم بالغون ـ والتهاب الغدة النكفية يكون حتى أكثر خطورة للبالغين (خاصة للرجال، لأنه يهاجم الخصيتين) مقارنة بالأطفال. والتطعيمات تقنية بارعة في عمل شيء مشابه لهذا الغرض. إذ بدلا من إصابتك بالمرض ذاته، يعطيك الطبيب جرعة مخففة منه، أو ربما حقنة من جراثيم ميتة، لحفز الجهاز المناعي دون أن تصاب فعليًّا بالمرض. والجرعة المخففة أقل إزعاجا بكثير من الشيء الحقيقي: في الواقع، أنت غالبا لا تلاحظ أي تأثير على الإطلاق. لكن جهاز المناعة «يتذكر» الجراثيم الميتة، أو العدوى بالجرعة المخففة من المرض، وبناء عليه يتسلح للحرب مع الشيء الحقيقي إذا ما حدث وجاء في أي وقت.

ولدى الجهاز المناعي مهمة عسيرة هي «اتخاذ قرار» حول من هو «أجنبي» وبالتالي ينبغي خوض حرب ضده (طفيل «مثير للشك»)، وما الذي ينبغي تقبُّله كجزء من الجسم ذاته. وهذا بشكل خاص قد ينطوي على خداع، على سبيل المثال، مع امرأة حامل. فالطفل الذي بداخلها «جسم أجنبي» (الجنين لا يكون متماثلا مع أمه من الناحية الجينية لأن نصف جيناته يأتي من الأب). لكن من الأهمية بمكان لجهاز المناعة ألّا يشن حربا على الجنين. وكانت هذه من المشاكل العويصة التي كان يتعين حلها مع تطور الحمل لدى أسلاف الثدييات. وقد تمّ حلها ـ ليعيش عدد كبير من الأجنة في الأرحام الفترة الكافية حتى يولدوا. غير أنه يوجد هناك أيضا حالات إجهاض لا بأس بها، والتي ربما تقترح أن التطور عانى من فترة عسيرة في حلها وأن الحل ليس كاملًا تماما. وحتى في هذه الأيام، يبقى الكثير من الأطفال على قيد الحياة فقط لسهولة استدعاء الأطباء لمباشرتهم ـ على سبيل المثال، لتغيير دمائهم بالكامل بمجرد ولادتهم، في بعض الحالات الحادة للنشاط الفائق لجهاز المناعة.

ثمة حالة أخرى قد يتناولها جهاز المناعة بطريقة خاطئة وهي أن يخوض حربا شديدة في مواجهة «مهاجم» مفترض. وتلك هي حالات الحساسية: يشن جهاز المناعة حربا لا لزوم لها، مبدِّدة، وحتى مدمرة في مواجهة أشياء لا ضرر منها. على سبيل المثال، عادة لا يكون ثمة ضرر من حبوب اللقاح في الهواء، لكن جهاز المناعة لدى بعض الناس يكون مبالِغًا في رد الفعل تجاهه ـ وذلك عندما تصاب برد الفعل المثير للحساسية المسمى «حمى القش»: تصاب بالعطس وتدمع عيناك، وهي أمور بالغة السوء. وبعض الناس لديهم حساسية للقطط أو للكلاب: تكون أجهزة المناعة لديهم مبالِغة في ردّ الفعل تجاه الجزيئات غير الضارة في شعور هذه الحيوانات أو عليها. وأحيانا ما تكون حالات الحساسية شديدة

الخطورة. وهناك عدد قليل من الناس حساسون جدًّا للفول السوداني ولو تناول أحدهم حبة واحدة منه فقط لربما أدت لوّفاته.

في بعض الأحيان يمضي ردُّ فعل جهاز المناعة المبالغ فيه إلى مدى بعيد للغاية ليصبح الشخص حساسًا من نفسه!. ويتسبب هذا فيما يسمى أمراض المناعة الذاتية (كلمة auto كلمة يونانية تعني self ذات»). ومن أمثلة أمراض المناعة الذاتية: الصلع (يتساقط الشعر في شكل خصلات لأن الجسم يهاجم بصيلات الشعر) ومرض الصَّدفية (رد فعل مبالغ فيه لجهاز المناعة يتسبب في حدوث بقع على الجلد مغطاة جزئيًّا أو كليًّا بقشور قرنفلية اللون).

ليس مثيرا للدهشة أن يأتي جهاز المناعة في بعض الأحيان بردِّ فعلٍ مبالغ به، لأن ثمة خطا دقيقا ينبغي اجتيازه مابين الفشل في الهجوم عندما يتوجب عليك ذلك وشن الهجوم حين لا يكون لازما. وهي المشكلة ذاتها التي واجهتنا في محاولة الظبي في اتخاذ قرار أن يلوذ بالفرار من عدمه حين رأى تماوج الحشائش الطويلة.. هل ذلك فهد؟ أم مجرد هبة ريح لا ضرر منها تهز الحشائش؟ هل هذه بكتيريا تنطوي على خطر، أم حبة لقاح غير ضارة؟ وليس بمقدوري مساعدة الناس ممن يتملكهم العجب سواء من كان لديهم جهاز مناعة زائد النشاط، ممن يدفعون جزاء أمراض الحساسية أو حتى المصابين بأمراض المناعة الذاتيّة، لربما يقل احتمال معاناتهم من أنواع معينة من الفيروسات والطفيليات الأخرى.

وهذه المشكلات «المتأرجحة» جميعها شائعة للغاية. ومن الممكن أن تكون «مجازفة كريهة» لحد كبير ـ شديدة التقلب، التعامل مع أدنى تماوج للحشائش باعتباره خطرًا محدقًا، أو إطلاق العنان لرد فعل مناعي كبير في مواجهة حبة فول غير ضارة أو لأنسجة الجسم ذاته. ومن

المحتمل أن يُمنى هذا البالغ الحماسة بالفشل في مواجهة خطر يكون حقيقيًا تمامًا، أو يُخفق في حشد استجابة مناعية حال وجود طفيل خطر حقيقي. ومن العسير تحديد خط السير، وهناك نتائج غير مأمونة لو حدث انحراف عن المسار في أي اتجاه.

بالرغم من أنّ أمراض السرطان حالة خاصة من بين الأشياء السيئة الحادثة: حالة غريبة، لكنها شديدة الأهمية. وأي سرطان عبارة عن مجموعة من خلايانا تهربت من أداء ما يُفترض عليها عمله داخل الجسم وأصبحت طفيلية. وعادة ما تتجمع الخلايا السرطانية معا في صورة «ورم»، والذي ينمو بعيدا عن السيطرة، ويتغذى على أجزاء معينة من الجسم. وتمتد أسوأ السرطانات بالتالي إلى أجزاء أخرى من الجسم (وذلك يُسمى الانتشار السرطاني metastasis) وفي النهاية غالبا ما تؤدي للوفاة. والأورام التي تسبب ذلك تسمى أوراما خبيثة.

والسبب في الخطورة البالغة لأمراض السرطان أن خلاياها تُقاد مباشرة من خلايا الجسم ذاتها. إنها الخلايا الخاصة بنا، المعدلة بنسبة ضئيلة. وهذا يعني أن جهاز المناعة يعاني من فترة عصيبة في التعرف عليها باعتبارها خلايا أجنبيةً. كذلك يعني هذا أنه من الصعوبة بمكان اكتشاف علاج يتسنى له قتل السرطان، لأن أي علاج يمكنك التفكير فيه ـ مثلا أحد السموم ـ من المحتمل أيضا أن يقتل خلايانا السليمة. والأكثر سهولة بكثير قتل البكتيريا، لأن خلايا البكتيريا مختلفة عن خلايانا. والسموم التي تقتل الخلايا البكتيرية وليس خلايانا تسمى المضادات الحيوية. والعلاج الكيماوي يؤدي لتسمم الخلايا السرطانية، لكنه يؤدي أيضا لتسمم خلايانا السليمة لكونهما متشابهين للغاية. وإذا ما زادت الجرعة السمية، فلربما أفضت لقتل السرطان، لكن ليس قبل قتل المريض المسكين.

وعودة إلى ذات المشكلة عن إيجاد توازن بين الهجوم على عدو أصيل (الخلايا السرطانية) وعدم الهجوم على أصدقاء (خلايانا الطبيعية): بالعودة إلى مسألة الفهد في الحشائش الطويلة من جديد.

دعوني أنهي هذا الفصل برؤية للتفكير. هل من المحتمل أن تكون أمراض المناعة الذاتية نوعًا من النواتج الثانوية لحرب متطوّرة، على مدى العديد من أجيال أسلافنا، في مواجهة السرطان؟ لقد حقق جهاز المناعة النصرَ في كثير من المعارك ضد خلايا قبل سرطانية، الأمر الذي حدّ من قدراتها قبل أن تتحول تماما إلى خلايا خبيثة. ويتمثل اقتراحي فيما يلي: في موقفه اليقظ الثابت ضد الخلايا قبل السرطانية، أحيانا ما يمضي جهاز المناعة لمدى بعيد جدًّا ويهاجم أنسجة غير ضارة، يهاجم خلايا الجسم ذاتها ـ ونحن نطلق على هذا اسم مرض المناعة الذاتيّة. هل يمكن تفسير أمراض المناعة الذاتية بأنها دليل على قرب انتهاء العمل في تطوير سلاح ضد السرطان؟ ما رأيك؟

الفصل الثاني عشر
ما المعجزة؟



في الفصل الأول من هذا الكتاب تحدثتُ عن السحر، ووضعْتُ حدًّا فاصلًا بين السحر فوق الطبيعي (الغيبي) [التمتمة بتعويذة لتحويل أمير إلى ضفدع، أو دعْك فانوس كي ينطلق منه أحد الجان] وبين خدع القوى الخارقة (أعمال وهمية، كمنديل حريري يتحول إلى أرنب، أو شق امرأة إلى نصفين... إلخ). ولا أحد في هذه الأيام يعتقد في السحر الخيالي. وكل فرد يعرف أن ثمرة قرع العسل تتحول إلى عربة وضاءة تجرها الخيول فقط في رواية سندريللا. ونحن جميعا نعلم أن الأرانب تخرج من القبعات الخالية فقط بعملية خداع. غير أنه لا تزال هناك بعض الحكايات الغيبية التي تؤخذ بجدية، وهذه الـ «أحداث» التي توضع في الاعتبار غالبا ما تسمى معجزات. وهذا الفصل مخصص للمعجزات ـ القصص المتعلقة بالأحداث الخارقة التي يؤمن بها كثير من الناس، في مقابل التعويذات الخيالية، التي لا يعتقد فيها أحد، وخدع القوى فوق الطبيعية التي تشبه السحر لكننا نعلم أنها نوع من الدجل.

وبعض هذه الحكايات عن قصص تتعلق بالأرواح، أساطير مُرَوِّعة حديثة أو قصص عن مصادفات غامضة ـ قصص من نوع، «حَلمْتُ بشخص لم يرد على خاطري أبدًا منذ سنوات، وفي صباح اليوم التالي مباشرة سمعت أنه تُوفي في المساء». وعدد كبير آخر منها يأتي من مئات الأديان في أنحاء العالم وهذه على نحو خاص غالبًا ما تسمى معجزات. وكمجرد مثال على ذلك، تلك الحكاية التي تروى منذ نحو

2,000 عام، عن يسوع الذي كان في عرس، وكانت الخمر لديهم قد نفدت، لذلك توجه بطلب بعض الماء واستعان بقوى إعجازية لتحويله إلى خمر (خمر معتقة جيدة)، حسب القصة التي تُروى لنا. والناس الذين يمكن أن يسخروا من فكرة تحويل ثمرة قرع العسل إلى عربة تجرها الخيول، والذين يعلمون يقينا أن المنديل الحريري لا يمكن في الواقع أن يتحوّل إلى أرنب، هم أنفسهم تغمرهم السعادة لإيمانهم بأن نبيا حوَّل الماء إلى خمر أو، أن أتباع ديانة أخرى سيصعدون إلى السماء على حصان مجنح.

الشائعة.. المصادفة وقصص كرات الثلج

في الغالب عندما نستمع إلى قصة إعجازية لا يكون الذي يحكيها قد رآها بعينيه، بل سمعها من شخص ما سمع عنها من شخص آخر، سمعها هو الآخر من شخص ثالث سمع عنها من زوجة صديقه أو من ابن عمه... وأي قصة تواترت عن عدد كبير من الناس، تتعرض لتشويهات. والمصدر الأساسي للقصة غالبا ما يكون هو ذاته مجرد شائعة بدأت قبل زمن موغل في القدم، وتصبح القصة مشوّهةً للغاية عند إعادة روايتها حتى أنه يستحيل في الغالب تخمين من أين بدأ الحادث الفعلي ـ إن كان له وجود.

بعد وفاة أي شخص نال حظا من الشهرة ـ سواء كان بطلًا أم شريرًا ـ تبدأ في الانطلاق في أرجاء البلاد رواية شخص آخر عنه عاصره في حياته. وقد تحقق شيء مثل هذا لـ إلفيس بريسلي Elvis Presley، مارلين مونرو، وحتى لـ أدولف هتلر. ومن العسير معرفة سبب متعة الناس بتناول مثل هذه الشائعات ما إن يستمعوا إليها، لكنهم في واقع الأمر يفعلون ذلك، وذلك جزء كبير من سبب انتشار الشائعات.

وفيما يلي مثال حديث عن كيفية بداية شائعة من هذا النوع. عقب وقت

قصير من وفاة مايكل جاكسون Michael Jackson في عام 2009، سمحوا لطاقم إحدى محطات التليفزيون الأمريكية بإجراء جولة تفقدية في قصره الشهير المسمى «نيفرلاند». في أحد مشاهد الفيلم الذي تمّ تصويره، ظنّ الناس أنهم رأوا شبحه في نهاية ممر طويل. ولم يكن التسجيل قاطعًا بوضوح، ومع ذلك، كان هذا كافيًا لبدء شائعات حادة تحوم حول شبح مايكل جاكسون بشكل عام! سرعان ما انطلقت مشاهد مقلَدة. على سبيل المثال، كانت هناك صورة التقطها رجل للسطح المصقول لسيارته. بالنسبة لك ولي، خاصة عندما نقارن «الوجه» مع السُّحب الأخرى على الجانبين، يكون ما نراه هو بوضوح انعكاس لسحابة. لكن بالنسبة للخيال المتوقد للمعجبين الأوفياء يمكن فقط أن تكون هذه الصورة تجسيدًا لشبح مايكل جاكسون، والصورة على اليوتيوب حظيت بـ 15 مليون مشاهدة!

في واقع الأمر، ثمة ما يستحق الإثارة يجري هنا، وتجدر الإشارة إليه. البشر كائنات اجتماعية، ومخ الإنسان سابق البرمجة ليرى وجوه أناس آخرين حتى لو لم يعد لها وجود. وهذا سبب أن الناس في الأغلب الأعمّ ترى وجوها في النموذج العشوائي الذي تصنعه السحب، أو على شرائح الخبز، أو على الرقع الرطبة على الجدران.

على أن قصص الأشباح تستحق الرواية لطرافتها، خاصة لأنها مروِّعة في الواقع، وحتى قد تنال حظا وفيرًا إذا ما ادّعيتَ أنها حقيقية. وعندما كنت في الثامنة من عمري أقامت أسرتي لفترة قصيرة في منزل يطلق عليه اسم كوكوز Cuckoos، يبلغ عمره نحو 400 سنة، بدعامات سوداء من الطراز المعماري التيودوري Tudor beams. ولم يكن مثيرا للدهشة، أن أسطورة اختصت بالمنزل حول كاهن تُوفي منذ زمن بعيد مخفي في ممر سري. وكانت تروّج قصة بأنك تستطيع سماع وقع أقدامه على درجات

السُّلم، لكن مع التواء تسمع من خلاله الخطوة الواحدة عدة مرات ـ التي تُفَسر شبحيا بحقيقة أنه يقال إن السلُّم كان يحتوي على درجة زائدة في القرن السادس عشر! وأتذكر السعادة التي كانت تغمرني وأنا أنقل القصة لأصدقاء المدرسة التي كنت بها. ولم يخطر ببالي قط أن أتساءل عن مدى صحة الدلائل. فقد كان كافيا أن المنزل قديم وأن أصدقائي كانوا في حالة انبهار.

والناس تثير بهجتهم رواية قصص الأشباح. والأمر نفسه ينطبق على قصص المعجزات. وإذا حدث وتمّ تدوين شائعة عن إحدى المعجزات في كتاب، يتعذر تحدِّي تلك المعجزة، خاصة لو كانت واردة في كتاب قديم. ولو كانت الشائعة من النوع القديم لحد ما، يبدأ تسميتها بدلا من ذلك بـالـ «تراث»، وحينئذ يعتقد فيها الناس على نحو متزايد. وهذا أمر غريب نوعا ما، لأنك قد تفكر في أنهم ربما يتيقنون أن الشائعات القديمة حصلت على ما يكفي من الوقت ليعتريها من التشوه ما يفوق الشائعات الحديثة التي هي قريبة الحدوث من الوقائع المؤكدة ذاتها. ولقد عاش إلفيس بريسلي ومايكل جاكسون من زمن قريب جدًّا يتعذر معه تنامي مأثورات تراثية عنهما، لذلك لا يصدق عدد كبير جدًّا من الناس في قصص من نوع «لقد شُوهد إلفيس في كوكب المريخ». لكن هل يمكن حدوث ذلك بعد 2,000 سنة؟

ماذا عن تلك القصص العجيبة التي يقولها الناس عما دار في أحلامهم عن أشخاص لم يشاهدوهم أو يفكروا فيهم منذ سنوات، ثم عقب استيقاظهم، وجدوا رسالة من ذلك الشخص أنه منتظر على ممسحة الأقدام؟ أو، بعد نهوضه من النوم ليسمع أو يقرأ أن هذا الشخص قد توفي في الليل؟ ولربما قد مررت أنت نفسك بتجربة مماثلة. كيف لنا أن نفسر مصادفات من هذا النوع؟

حسنٌ، التفسير الأكثر احتمالا أنها في الواقع مجرد: مصادفات، وليس أكثر من هذا. والنقطة الأساسية أننا فقط ننزعج من رواية القصص عندما تقع مصادفات غريبة- وليس عندما لا تكون كذلك. ولا أحد أبدا يقول، «ليلة الأمس حلمتُ بعمّي ذلك، الذي لم أفكر فيه منذ سنوات، ومن ثم استيقظتُ واكتشفت أنه تُوفي في الليل».

كلما كانت المصادفة شبحية، زاد احتمال انتشار أخبارها. في بعض الأحيان، يثور بشدة الانفعال لدى شخص إلى حد كبير حتى إنه يكتب رسالة عاجلة إلى إحدى الصحف. ربما كان يحلم، للمرة الأولى على الإطلاق، بممثلة كانت شهيرة ذات يوم في الماضي البعيد ثم طواها النسيان منذ زمن ليس بقليل، حينئذ ينهض ليكتشف أنها توفيت في الليل. «زيارة للوداع» في حلم - ياله من حلم شبحي! لكن علينا أن نفكر للحظة في حقيقة ما حدث. من أجل إبلاغ خبر حدث مصادفة لصحيفة، لا بد أن يكون قد وقع لشخص واحد فقط من بين ملايين القراء الذين ربما يكتبون للجريدة. ولو أخذنا بريطانيا بمفردها فقط، يموت فيها نحو 2,000 شخص يوميًّا، وبالتأكيد تقع أحلام عددها مائة مليون كل ليلة. وما إن تفكر في ذلك على هذا النحو، فلسوف نتوقع يقينا أنه من حين لآخر سينهض بعض الأشخاص ويكتشفون أن أحلامهم كانت عمن مات في الليل. وهم الوحيدون الذين قد يرسلون قصصهم للصحف.

ومن الأشياء الأخرى متكررة الحدوث أن القصص تكبر وتكبر من خلال رواياتها ثم إعادة روايتها. فالناس يستمتعون بالقصة الجيدة إلى حد بالغ حتى أنهم ينمِّقونها من أجل جعلها في صورة أفضل من سماعهم لها في المرة الأولى. ومن دواعي الطرافة إثارة قشعريرة الناس حتى إننا نبالغ في القَصّ - فقط بقدر ضئيل، لنجعلها أكثر بهجة نوعا ما، وهكذا. على سبيل المثال، استيقظت للتوّ لتجد أن امرأة ذات صيت قد توفيت في الليل،

ولعلك أجريْت عدة استفسارات عرفتَ منها موعد وفاتها بالضبط. ولربما تكون الإجابة «أوه، لابد أنها ماتت في الثالثة صباحا تقريبا». حينئذ تيقنتَ أنك كنت تحلم بها في مكان ما نحو الثالثة صباحا. وقبل أن تعرف أين أنت، فقد شحب كل من «لا بد» و«تقريباً» من القصة تماما شأن الأحداث التقريبية حتى أصبحت «لقد توفيت في الثالثة صباحا تماما، وتلك هي بالتحديد اللحظة التي كان فيها حفيد زوجة صديق عمي يحلم بها».

وأحيانا ما نستطيع فعليًّا إخضاع التعاقب الغريب للأحداث للتفسير. وهناك عالم أمريكي كبير هو ريتشارد فينمان Richard Feynman فقد زوجته بطريقة مأساوية بسبب إصابتها بمرض السل، وكانت الساعة في حجرتها قد توقفت عن العمل لحظة وفاتها بالضبط. قشعريرة! لكن الدكتور فينمان لم يكن عالمًا كبيرًا من فراغ. فقد توصل للتفسير الحقيقي. لقد كان هناك عيب في الساعة. فإذا ما رفعتها لأعلى وأدرتها، لتوقفت عن العمل. وعندما توفيت مسز فينمان، كانت الممرضة بحاجة إلى تدوين الزمن في شهادة الوفاة الرسمية. وكانت الحجرة التي ترقد فيها أقرب للظلام، لذلك التقطت الساعة وأدارتها في اتجاه النافذة لكي تتمكن من رؤيتها. وتلك كانت هي اللحظة التي توقفت فيها الساعة عن العمل. لم تكن معجزة على الإطلاق، فقط كانت آلة فيها عطب.

حتى في عدم وجود تفسير كهذا، حتى لو كان زنبرك الساعة قد أصابه عطب أدّى لتوقفه حال وفاة مسز فينمان، فلا ينبغي علينا المبالغة في تأثرنا. وليس ثمة شك أنه في أي دقيقة من كل يوم أو ليلة، يتوقف عدد كبير من الساعات عن العمل في أمريكا. كما أن عددًا معتبرًا من الناس يموت كل يوم. وسأكرر ما سبق وقلته، نحن لا ننزعج من نشر «أنباء» مثل «ساعتي توقفت عن العمل في تمام الساعة الرابعة والنصف مساءً، ولم يمت أحد.. (هل ستصدق هذا؟)».

أحد الدجالين، والذي تحدثتُ عنه في الفصل الخاص بالسحر كان معتادًا على الادعاء بأنه قادر على تشغيل الساعات من خلال «قوة التفكير». كان يطلب من جمهوره الكبير أمام التليفزيون النهوض والبحث عن ساعة قديمة معطوبة في المنزل ولفها حول معاصمهم وهو يحاول تشغيلها عن بعد بقوة التفكير. غالبا في الحال يرنُّ جرس التليفون في الإستوديو، وصوت لاهث في الطرف الآخر يتحدث بلهجة تتخللها الرهبة، قائلا إن ساعته بدأت تعمل.

جزء من التفسير قد يكون مشابهًا لما حدث في حالة ساعة مسز فينمان. ومن المحتمل أن يقل ذلك بالنسبة للساعات الرقمية (الديجيتال) الحديثة، لكن في الأيام التي كان فيها الزنبرك يدخل في تركيب الساعة، ببساطة عند التقاط ساعة متوقفة ورفعها عاليا يمكن أحيانا أن يؤدي لتشغيلها لأن الحركة المفاجئة قد تعمل على تنشيط عجلة توازن النابض اللولبي (الزنبركي). ويمكن لهذا أن يحدث بسهولة أكبر إذا تمّ تدفئة الساعة، وقد تكون حرارة يد الشخص كافية لذلك ـ ليس دائما، لكن لن يكون ذلك حالة عامة بالضرورة في وجود نحو 10,000 مشاهد في أنحاء البلاد، يلتقطون ساعاتهم المتوقفة، ربما يهزها بعضهم، ثم يقبضون عليها بين الأكف الدافئة. ولا بد أن واحدة من بين 10.000 ساعة سوف تعمل ويتمكن مالكها من الاتصال تليفونيا ليزف الأنباء وسط الإثارة البالغة لتعطي انطباعًا طيبًا لدى جميع المشاهدين. ولم يحدث قط أن سمعنا شيئا بخصوص الساعات الـ 9,999 التي لم تعمل.

وسيلة جيدة للتفكير في المعجزات

كان هناك مفكر أسكتلندي شهير في القرن الثامن عشر يسمى ديفيد هيوم David Hume. وهو من عالج بمهارة نقطة مهمة بخصوص

المعجزات. بدأ هيوم بتعريف المعجزة على أنها «انتهاك» أو «خرق» لقانون الطبيعة. فالسير على الماء، أو تحويل الماء إلى خمر، أو إيقاف ساعة أو تشغيلها بقوة التفكير وحدها، أو تحويل أمير إلى ضفدع، جميعُها أمثلة جيدة على خرق قوانين الطبيعة. والمعجزات على هذه الشاكلة تمثل بالتأكيد إرباكا شديدا للعلوم، للأسباب الواردة في الفصل المتعلق بالسحر. وهي تتسبب في الإرباك إذا كانت تحدث فعلا على هذا النحو. لذلك كيف يتعين علينا أن نواجه قصص المعجزات؟ كان ذلك هو السؤال الذي طرحه هيوم؛ وكانت إجابته هي النقطة الماهرة التي ذكرتُها.

إذا كنت تريد معرفة كلمات هيوم بحذافيرها، فهي كالتالي، لكن عليك أن تتذكر أنه كتبها قبل أكثر من قرنين من الزمان، وأن أساليب اللغة الإنجليزية قد تغيرت مقارنة بما كان وقتها.

No testimony is sufficient to etablish a miracle, unless the testimony be of such a kind, that its falsehood would be more miraculous than the fact which it endeavours to establish.

وترجمتها: لا شهادة كافية لوضع أساس لمعجزة ما، إلا لو كانت تلك الشهادة من نوع يكون زيفها أكثر إعجازا من الحقيقة التي تسعى لإرسائها.

دعونا نقدم مسألة هيوم بكلمات أخرى. إذا روى لك جون قصة إعجازية، ينبغي عليك أن تؤمن بها فقط لو كانت أكبر من معجزة وليست كذبة (أو خطأً، أو خداعا). على سبيل المثال، ربما تقول: «أنا أثق في جون طوال حياتي، إنه لم ينطق بالكذب يوما، لعلّها تكون معجزة إذا كان جون لا يكذب قط». وذلك أمر جيد في مجمله وعظيم، لكن هيوم قد يقول شيئا من نوع: «رغم أنه من غير المحتمل أن يتحدث جون بأكاذيب، فهل في الواقع ما هو غير محتمل أكثر من تلك المعجزة التي يزعم جون أنه

رآها؟». ولنفرض أن جون ادّعى أنه شاهد بقرة تقفز على القمر. وبصرف النظر عن مدى الثقة التي يتمتع بها جون أو أمانته في الأحوال العادية، فإن فكرة أنه ينطق بأكاذيب (أو لديه هلاوس أصيلة) قد تكون أدنى قيمة من معجزة مقارنته ببقرة تقفز بالفعل فوق القمر. لذلك ينبغي عليك أن تفضِّل التفسير القائل بأن جون كان يكذب (أو يخطئ).

كان ذلك مثالا صارخًا وتخيليًّا. ودعونا نتناول شيئا يحدث على أرض الواقع، لنرى كيف أن فكرة هيوم تصلح في الممارسة. في عام 1917، التقطت شابتان إنجليزيتان ـ ابنتا عمومة ـ هما فرنسيس جريفيث Frances Griffiths، وإيلسي رايت Elsie Wright، عدة صور قالتا إنها تخص الجان. وبالنسبة للعيون الحديثة فهذه الصور تزييف واضح، لكن في ذلك الحين، عندما كان التصوير شيئا جديدا لحد ما، حتى إن الكاتب الكبير السير آرثر كونان دويل Sir Arthur Conan Doyle قد خُدِع فيها، وهو الذي أبدع الشخصية الشهيرة شرلوك هولمز الذي لا يخدع، وكذلك كان حال عدد كبير آخر من الناس. بعد عدّة سنوات، حين تقدم العمر بـ فرنسيس وإيلسي، أرادتا التطهر فاعترفتا أن «الجنيات» ليست أكثر من قطع من الكرتون المعدة خصيصا لذلك. لكن دعونا نفكر على طريقة هيوم، ونبحث عن السبب في أن آرثر كونان دويل والآخرين الذين ينبغي لهم كأناس يعرفون أفضل من غيرهم ألا يقعوا ضحايا هذا الخداع. أذكر احتمالًا واحدًا من بين الاحتمالين التاليين ترى أنه أكثر إعجازًا، لو كان حقيقيا؟

- كانت توجد في الواقع جنيات، وأناس صغار الحجم للغاية بأجنحة، تحوم بخفة بين الزهور.

- إيلسي وفرنسيس صنعتا الصور وزيّفتاها.

إنهما في الواقع ليسا مجالا للتنافس، أهما كذلك؟ الأطفال يلعبون لعبة الادعاء طوال الوقت، وهذا أمر يُؤدَّى ببالغ السهولة. وحتى لو كان أداؤه عسيرا؛ حتى لو أحسست أنك كنت تعرف إيلسي وفرنسيس معرفة تامة، وأنهما كانتا على الدوام فتاتين موضع ثقة مطلقة، فمن لا يحلم أبدا بعمل خدعة، وحتى لو أُعطِي للفتاتين دواء الصدق، وتعرضتا لاختبار جهاز كشف الكذب بكل ألوانه؛ وحتى لو أُضيف كل ذلك لكونها ستصبح معجزة لمجرد كذبة ستنطقان بها، ما الذي قد يقوله هيوم؟ سيقول إن «معجزة» كذبتهما ستظل معجزة صغيرة مقارنة بالجنيات التي ادّعتا أنها موجودة في الواقع.

لم ينجم عن مقلب إيلسي وفرنسيس إيذاء شديد، بل كان أقرب لعمل يتسم بالطرافة بنجاحهما في خداع كونان دويل العظيم. لكن مثل هذه الخدع من الشباب أحيانا لا تثير المرح، لو وضعناها في نصابها. وعودة للقرن السابع عشر في قرية في نيوإنجلند تُسمى سالم Salem، صارت مجموعة من الفتيات تستحوذ عليهن هلاوس هيستيرية عن «الساحرات من الجان» وبدأن في تخيل، أو عمل، كل أنواع الأشياء التي، لسوء الحظ، يعتقد فيها البالغون شديدو الإيمان بالخرافات السائدة في المجتمع. وقد اتُّهِم عدد كبير من النساء كبيرات السن وبعض الرجال أيضا بأنهم يمارسون السحر بالتعاون مع الشيطان، وإلقاء تعاويذ على الفتيات، اللاتي قيل إنهن شُوهدن يطرن في الهواء، أو يفعلن أشياء أخرى غريبة شاع أن الساحرات كن يعتقدن في فعلها. وكان تتالي الأحداث ينذر بالخطر لأقصى حد: فشهادة الفتيات أرسلت عشرين شخصا تقريبا للمشنقة. وتعرَّض رجل للسحق في احتفال شعائري تحت وابل من الحجارة، وهو شيء مروِّع يحدث لشخص بريء، لأن مجموعة من الأطفال اصطنعوا قصصًا عنه. ومن جانبي لا أتصور السبب الذي دفع الفتيات لهذا. هل كن يحاولن

إثارة انطباعات معينة من كل واحدة منهن عن الأخريات؟ هل يمكن لهذا أن يكون مشابها لحد ما لـ «التسلط القاسي، عبر الإنترنت» الذي يحدث هذه الأيام في البريد الإلكتروني وعلى مواقع التواصل الاجتماعي؟ أو هل يؤمنون حقا بقصصهم الخاصة الطويلة؟

دعونا نعود لقصص المعجزات بصورة عامة، وكيف كانت بداياتها. ربما كان المثال الأشهر عن الفتيات يقول أشياء غريبة، والاعتقاد في ما يسمى معجزة فاتيما. ففي عام 1917، كانت فاتيما في البرتغال، طفلة في العاشرة من عمرها تسمى لوسيا Lucia وتمارس رعي الأغنام، بصحبتها فرانشيسكو وجاكينتا من أبناء عمومتها، وادّعوا أنهم شاهدوا رؤيا على قمة تل. وقال الأطفال إن التل كانت تزوره امرأة تدعى «العذراء مريم»، التي كانت رغم هذا، قد توفيت منذ فترة طويلة، وقد أصبحت أقرب إلى إلاهة لديانة محلية. وطبقا لـ لوسيا؛ فقد تحدث شبح مريم إليها، وأخبرها هي والطفلين الآخرين أنها ستواظب على العودة في اليوم الثالث عشر من كل شهر حتى اليوم الثالث عشر من أكتوبر، حيث ستعرض معجزة تثبت من خلالها أنها هي نفسها التي أخبرتهم عن هويتها. وانتشرت الشائعات عن المعجزة المتوقعة في أنحاء البرتغال، وفي اليوم المحدد قيل إن حشدا هائلا يزيد على 70,000 شخص قد تجمعوا في المكان. والمعجزة، عندما جاءت، اشتملت على الشمس. وتختلف تقديرات ما حدث فعليًّا لما كان مفترضا أن تفعله الشمس. وبالنسبة لبعض الشهود بدا أنها «ترقص»، ولآخرين كانت تدور وتدور مثل عجلة كاترين. أما الادّعاء الأكثر مأساوية فقد كان على النحو التالي:

بدا أن الشمس تقتلع نفسها من السماوات وانهارت فجأة فوق الجمهور المرعوب.. وبمجرد أن بدا أن كرة النار ستسقط فوقهم وتحطمهم، توقفت المعجزة، واستأنفت الشمس موضعها المعتاد في السماء، ترسل وهجها في سلام كعادتها دومًا.

والآن، ما رأينا في حقيقة ما حدث؟ هل كانت هناك بالفعل معجزة لدى فاتيما؟ هل حقا ظهر شبح مريم؟ من الواضح بجلاء، أنها لم تكن مرئية من أي أحد ما عدا الأطفال الثلاثة، لذلك لا ينبغي أن نأخذ هذا الجزء من الحكاية بجدية بأي صورة. لكن معجزة الشمس المتحركة من المفترض أنها شوهدت من 70,000 شخص، وبالتالي ماذا سنفعل مع ذلك؟ هل بالفعل تحركت الشمس (أو هل تحركت الأرض بالنسبة للشمس؛ حيث بدا أن الشمس هي التي تتحرك)؟ دعونا نفكر بطريقة هيوم. وأمامنا ثلاثة احتمالات نضعها في الاعتبار:

- الشمس بالفعل كانت تتحرك عبر السماء وتهاوت متحطّمة صوب الحشد المرتعب، قبل استئناف موضعها المعتاد. (أو أن الأرض غيَّرت نموذج دورانها، على نحو بدا عليه أن الشمس قد تحركت).

- لم يحدث في الواقع أي تحرك سواء من الشمس أو الأرض، وتعرض الـ 70,000 شخص في لحظة واحدة لنوع من الهلوسة.

- لم يحدث شيء على الإطلاق، والواقعة بأكملها أُسيء الإبلاغ بها، بأن بولغ فيها أو أنها ببساطة كانت واقعة مصطنعة.

ما هو الاحتمال الذي ترى من وجهة نظرك أنه الأجدر بالتصديق من بين هذه الاحتمالات الثلاثة؟ لا يبدو أن أي احتمال من الثلاثة جميعها جدير بالتصديق. لكن بالتأكيد أن الثالث منها هو الأقرب احتمالاً، الأقرب استحقاقًا للقب المعجزة. ولكى نتقبل الاحتمال الثالث يجب علينا فقط أن نؤمن أن شخصا قد أذاع خبرًا كاذبًا بالإبلاغ أن 70.000 شخص شاهدوا الشمس تتحرك، وتكررت الكذبة وانتشرت في الأنحاء، تماما مثل أي واحدة من الأساطير الحديثة الشائعة التي تطن في فضاء الإنترنت هذه الأيام. والثاني من بينها أقل احتمالا. فهو يتطلب منّا أن نصدق أن

70,000 شخص قد تعرضوا لدرجة من الهلوسة اللحظية تتعلق بالشمس. إنه بعيد الاحتمال بدرجة أو بأخرى. لكن مع أن هذا الخيار بعيد الاحتمال ـ المعجز تقريبا ـ فقد يبدو الخيار الثاني أقل بُعدًا عن كونه عملا إعجازيا مقارنة بالخيار الأول.

بالرغم من أنّ الشمس تقع في مجال الرؤية أثناء النهار في نصف العالم، وليس فقط في مدينة برتغالية واحدة. وإذا كانت حقًّا قد تحركت، فإن ملايين الناس في نصف الكرة الأرضية ـ ليس فقط من هم في فاتيما ـ لابد أن اعتراهم الرعب نتيجة رؤيتهم لها. وعلى نحو مؤكد فإن الحالة أكثر قوة في مواجهة الخيار الأول مما لو كانت الشمس قد تحركت بالسرعة التي قيل إنها انطلقت بها ـ «انهارت فوق» الحشد المتجمع ـ أو أن شيئا قد حدث أدَّى لتغيير الحركة الدورانية للأرض بما يكفي لجعل الشمس تبدو كما لو أنها تتحرك بتلك السرعة الهائلة ـ لقد كانت ستصبح نهاية كارثية لنا جميعا. فإما أن الأرض قد خرجت من مدارها وأصبحت الآن بلا حياة، كصخرة باردة مندفعة في ظلمات خاوية، أو كنا اتخذنا مسارنا إلى الشمس لتشوينا بنارها. ولنتذكر من الفصل الخامس أن الأرض تتحرك حركة دورانية بسرعة تصل إلى عدة مئات من الأميال في الساعة (1,000 ميل في الساعة إذا قيست عند خط الاستواء)، ومع هذا فإن الحركة الظاهرية للشمس لا تزال بطيئة للغاية بالنسبة لنا كي يتاح لنا مشاهدتها، لأنها سحيقة البُعْد عنّا. وإذا تحركت الشمس ومعها الأرض فجأة إحداهما مقارنة بالأخرى بسرعة تتيح لحشد من الناس رؤية الشمس وهي «تنهار حطاما» في اتجاههم، لكان لابد للحركة الحقيقية أن تكون أسرع آلاف المرات عن حركتها المعتادة، ولكانت هذه بالتأكيد نهاية العالم.

وقيل إن لوسيا طلبت من مشاهديها التحديق في قرص الشمس. وهذا

عمل يتسم بالغباء لأقصى حد إذا ما حدث، بالمناسبة، لأنه قد يؤدي بالعين للتلف الدائم. أيضا قد ينجم عنه الإصابة بنوع من الهلوسة التي توحي بأن الشمس كانت تترنح في السماء. وحتى لو أصيب شخص واحد بالهلوسة، أو قال كذبا إن الشمس تتحرك، وأبلغ ذلك لشخص آخر، الذي أبلغ به عددًا آخر من الناس، وبدورهم أبلغوا عددا أكبر...ما يكفي للبدء في شائعة عامة. في النهاية من المحتمل أن واحدا من أولئك الناس الذين استمعوا لتلك الشائعة قام بتدوينها. لكن سواء كان هذا ما حدث أم لا فإن ما حدث فعليا ليس هو الأمر المهم، بالنسبة لـ هيوم. لكن ما يهم هو أنه، رغم تصديق أو عدم تصديق أن لـ 70,000 مشاهد قد يكونون على خطأ، فإن ذلك أقرب إلى التصديق مقارنة بتحرك الشمس على النحو المذكور.

لم يصل هيوم إلى حد القول إن المعجزات أمر محال. بل إنه طلب منا أن نُعْمِل التفكير في المعجزة باعتبارها حدثًا غير محتمل - حدث قد نتمكن من تقدير عدم احتماليته. ومن غير الضروري أن يكون التقدير دقيقا. بل يكفي أن يكون عدم احتمالية أي معجزة مقترحة مبنيًّا بشكل تقريبي على نوع من القياس، ومن ثم مقارنته ببديل آخر مثل الهلوسة أو الكذب.

دعونا نعود إلى تلك اللعبة المتعلقة بالبطاقات التي تحدثنا عنها في الفصل الأول. وأنت تذكر أننا تخيلنا أربعة لاعبين يمتلك كلُّ واحد منهم في يده كاملا: السباتي، القلب الأحمر، البستوني والديناري. فإذا كان هذا هو ما حدث فعليا، فكيف سنفكر في هذا الأمر؟ مرة أخرى سنكون أمام احتمالات ثلاثة:

– ثمة معجزة فوق طبيعية، قام بها مشعوذ معين أو ساحرة أو دجال أو إله يمتلك قوى خاصة، تنتهك قوانين العلم على نحو يتيح تغيير كل القلوب الحمراء والسباتي والديناري والبستوني في بطاقات اللعب، بحيث توجد بشكل كامل كل مجموعة منها في يد لاعب معين.

ـ إنها مصادفة استثنائية. إذ إن خلط أوراق اللعب الذي حدث أسفر عن هذا التوزيع التام بشكل خاص.

ـ قام شخص ما بتدبير حيلة سحرية بارعة، ربما بإحلال مجموعة بطاقات لعب مزيفة كان يخفيها في أكمامه، لأن مجموعة الأوراق التي رأيناها جميعا قد تمّ خلطها على الملأ.

والآن، ما رأيك في هذا، وأنت تضع في تفكيرك نصيحة هيوم؟ لعلّ كل احتمال من الثلاثة يبدو نوعًا ما عصيًّا على التصديق. ويمكن للاختيار الثاني أن يحدث، لكن تقديراتنا أظهرت إلى أي مدى عدم احتمال ذلك، وهو غير محتمل جدًّا جدًّا في الواقع فالنسبة 53,644,737,765,488,79 2,839,237,440,000 إلى 1. ولا نستطيع حساب نسبة الاحتمال أمام احتمال 1 بدرجة من الدقة كهذه الدرجة، لكن يتعين عليك أن تفكر في هذا: قوة من نوع ما، لم يحدث أن تبدي لنا أي مظهر من مظاهرها، ولا يوجد شخص عرض فهمًا لها، تتلاعب بحبر مطبوع أسود وأحمر اللون على قدر كبير من أوراق اللعب في اللحظة نفسها. ولعلك تمانع في استخدام كلمة قوية الدلالة مثل «مستحيل»، لكن هيوم لا يطلب منك أن تفعل ذلك، كل ما يطلبه منك أن تفعله هو أن تقارن بالبدائل، التي تتكوّن في هذه الحالة من خدعة سحرية وضربة حظ هائلة الحجم. ألم يحدث لنا جميعا رؤية ألعاب سحرية (غالبا ما تتضمن أوراقا للعب، بالمناسبة) والتي كانت مثارًا للدهشة كهذا النوع؟ ومن الواضح، أن التفسير الأكثر احتمالًا لهذا التوزيع التام ليس حظًا بحتًا، فلا يزال هناك قدر متضائل من التداخل الإعجازي مع قوانين الكون، لكن في صورة خدعة على يد ساحر أو غشاش لا أمان له.

دعونا نتأمل قصة معجزة شهيرة أخرى، تلك التي ذكرتُها من قبل

والمتعلقة بيسوع الذي يحول الماء إلى خمر. مرة أخرى، نستطيع أن نرصد ثلاثة أنواع رئيسية للتفسيرات المحتملة:

- حدث هذا بالفعل. الماء في الواقع تحول إلى خمر.

- كانت خدعة سحرية بارعة.

- لم يحدث شيء من هذا على الإطلاق. إنها مجرد حكاية، قطعة خيالية، صنعها شخص ما. أو كان هناك سوء فهم لشيء ما أقل أهمية حدث بالفعل في موضع بعيد.

في ظني لا يوجد شك كبير حول ترتيب الترجيح هنا. فإذا كان التفسير الأول صحيحا؛ فلسوف يكون انتهاكًا لبعض الأسس العلمية الأكثر عمقا التي نعرفها، لنفس نوعية الأسباب التي عرفناها في الفصل الأول عند الحديث عن ثمار قرع العسل، والعربات التي تجرها الخيول، والضفادع والأمراء. فجزيئات الماء النقي قد يمكنها أن تتحول إلى خليط مركب من الجزيئات، شاملة الكحول، أحماض التنيك، السكريات من مختلف الأنواع وكميات من المواد الأخرى. والتفسيران البديلان لابد أن يدخلا بشدة في دائرة غير المحتمل في الواقع، لو كان هذا التفسير مفضلا عليهما.

وأي خدعة سحرية ممكنة التنفيذ (تُجرى خدع أكثر مهارة من هذه بانتظام على المسرح أو في التليفزيون) - لكنها أقل احتمالا من التفسير «الأخير». ما السبب في الانزعاج حتى من اقتراح إجراء خدعة سحرية، بالوضع في الاعتبار نقص الدلائل تماما على حدوث الواقعة؟ ما هو السبب حتى في التفكير في خدعة سحرية، عندما يكون التفسير «الأخير» مرجحا للغاية، بالمقارنة؟ إن شخصا ما قد وضع القصة. فالناس يخترعون القصص طيلة الوقت. وذلك هو السبب في الروايات الخيالية. ولأنها

جديرة بالتصديق لحد بعيد حتى إن القصة رواية خيالية، فلسنا بحاجة إلى إرباك أنفسنا بالتفكير في خدع سحرية، لا تزال أدنى من المعجزات الحقيقية التي تنتهك قوانين العلم وتطيح بكل ما نعرفه ونفهمه عن الكيفية التي يعمل بها الكون.

وكما يحدث، نحن نعلم أنه جرى صُنع قدر كبير من الروايات الخيالية حول يسوع. على سبيل المثال، هناك أغنية قصيرة مرحة تسمى أغنية شجرة الكرز Cherry Tree Carol، التي ربما قمتَ بغنائها أو استمعت إليها. وهي عن يسوع عندما كان لا يزال في رحم أمه مريم (وبالمناسبة، هي مريم بذاتها المذكورة في قصة فاتيما)، وكانت تسير مع زوجها يوسف بجوار شجرة كرز. ورغبت مريم في بعض حبات الكرز، لكن الثمار كانت عالية للغاية فوق الشجرة لم تستطع الوصول إليها. ولم يكن يوسف في مزاج يتيح له تسلق الأشجار، لكن...

حينئذ تكلم الطفل يسوع

من رحم مريم

«انْثَنِ لأسفل، أيّها الفرع الأعلى

لكي تتمكن أمي من الوصول لبعضها

انْثَنِ لأسفل، أيّها الفرع الأعلى

لكي تتمكن أمي من الوصول لبعضها»

حينئذ انْثَنى لأسفل الفرع الأعلى،

حتى مسّ يد مريم

صاحت هي، «أوه، انظر يا يوسف،

لديّ حبات من الكرز بمتناول يدي»

صاحت هي، «أوه، انظر يا يوسف،

لديّ حبات من الكرز بمتناول يدي».

لن تجد قصة شجرة الكرز في أي كتاب مقدس قديم. لا أحد، بالفعل لا أحد على الإطلاق ممن حازوا قدرا من المعارف أو نالوا قسطا جيدا من التعليم، يفكر في ذلك باعتباره شيئًا آخر غير رواية خيالية. مع أن هناك العديد من الناس يرون أن تحويل الماء إلى خمر قصة حقيقية، لكن الجميع يتفقون على أن شجرة الكرز قصة خيالية. وقصة شجرة الكرز لم تظهر إلا منذ نحو 500 سنة فقط. بينما قصة تحويل الماء إلى خمر أقدم منها. وهي ترد في واحد من الأناجيل الأربعة للديانة المسيحية (إنجيل يوحنا: وليس في أي إنجيل من الثلاثة الأخرى، كما هو حاصل)، وجميع الأناجيل الأربعة، بالمناسبة، وُضِعت بعد فترة طويلة من الأحداث التي تدّعي وصفها، ولا يوجد حدث منها يصفه شاهد عيان. وبكل أمانة فإن قصة تحويل الماء إلى خمر قصة خيالية خالصة، شأنها شأن قصة شجرة الكرز تماما.

ونستطيع أن نقول الشيء نفسه عن جميع المعجزات الأسطورية، جميع «التفسيرات فوق الطبيعية» لأي شيء. ولنفترض أن حادثا وقع لم نتمكن من فهمه ولا نستطيع أن نرى إن كان خداعا أم حيلة، أم أكاذيب: هل كان من المناسب على الدوام الاستنتاج أنه يجب أن يكون فوق طبيعي؟ كلا! كما أوضحتُ أنا في الفصل الأول، سيضع ذلك نهاية لكل المناقشات والبحوث الأخرى. سيكون باعثًا على الكسل، وحتى عملًا لا يتسم بالأمانة، لأنه سيكون بمثابة دعوى بأنه لن يكون هناك احتمال لوجود تفسير طبيعي على الإطلاق. فإذا كنت تزعم أن كل ما هو غريب

يلزم أن يكون «فوق طبيعي» فأنت لا تقول فقط إنك لا تستطيع فهمه في الوقت الراهن؛ أنت ترفع الراية قائلا إنه غير قابل للفهم أبدا.

معجزة اليوم.. تكنولوجيا الغد

ثمة أشياء لا يتمكن حتى أفضل علماء اليوم من تفسيرها. غير أن ذلك لا يعني أنه يجب أن نتوقف عن إجراء كل البحوث باللجوء إلى «التفسيرات» الزائفة التي تتوسل السحر وفوق الطبيعي، التي لا تقدم تفسيرًا فعليًّا بأي حال. فقط علينا أن نتخيل رجلًا من العصور الوسطى ـ حتى لو كان الحائز على أقصى تعليم في عصره ـ وكيف سيكون رد فعله لو شاهد طائرة نفاثة، أو كمبيوتر أو لاب توب، أو تليفون محمول، أو جهاز الإبحار عن طريق الساتالايت (السات ناف). ربما يسميها معجزة، فوق طبيعية. بيد أن هذه الأجهزة صارت شائعة في الوقت الحالي، ونعرف كيفية عملها، لأن أناسا صنعوها، استنادا لمبادئ علمية. وليس ثمة حاجة على الإطلاق للتوسل إلى السحر أو المعجزات أو لما هو فوق طبيعي، لفهمها. ونحن نرى الآن أن ذلك الرجل من القرون الوسطى سيكون على خطأ لو فعل ذلك.

لسنا مجبرين على الرجوع إلى الخلف كثيرا لنصل للعصور الوسطى لتبيان المسألة. ولو تجهزت عصابة من المجرمين الدوليين من العصر الفكتوري بتليفونات محمولة حديثة تتيح لهم تنسيق نشاطاتهم على نحو ما، فسوف يبدو هذا مثل التليباثي (التخاطر) لـ شرلوك هولمز Sherlock Holmes. ففي عالم شرلوك هولمز، لو استطاع الشخص المشتبه به في جريمة قتل إثبات أنه كان في نيويورك في المساء التالي لارتكاب الجريمة في لندن لأمكنه الحصول على مبرر لا تشوبه شائبة، لأنه في نهاية القرن التاسع عشر كان من المستحيل أن تكون في نيويورك ولندن في اليوم نفسه. وأي شخص يزعم خلاف ذلك سيبدو كما لو كان يستخدم قوى

فوق طبيعية. والآن جعلت الطائرات النفاثة ذلك أمرًا بالغ السهولة. وكاتب روايات الخيال العلمي المرموق آرثر سي. كلارك Arthur C. Clarke- أوجز المسألة على أنها القانون الثالث لـ كلارك. أي تكنولوجيا متقدمة وافية يتعذر تمييزها عن السحر.

وإذا أمكن لآلة الزمن أن تحملنا إلى المستقبل قرنا أو عدة قرون، فلربما شاهدنا عجائب سنرى بمعايير هذه الأيام أنها معجزات ـ مستحيلة. لكن ليس معنى ذلك أن كل ما يدور في تفكيرنا بأنه محال اليوم سيكون متحققا في المستقبل. ويستطيع كتّاب الخيال العلمي بسهولة تخيل آلة الزمن ـ أو آلة تتحرك ضد الجاذبية الأرضية، أو صاروخ يحملنا بسرعة تفوق سرعة الضوء. لكن الحقيقة الوحيدة التي نستطيع تخيلها أنه لا يوجد ما يمنعنا من افتراض أن تلك الآلات ستصبح ذات يوم واقعًا. وهناك بعض الأشياء التي يمكن لنا تخيلها اليوم ستصبح حقيقة. وأغلبها لن يكون.

وكلما أمعنت التفكير في الأمر، لتأكدتَ أكثر أن الفكرة الخاصة بأي معجزة فوق طبيعية مجرد هراء. وإذا ما ظهر شيء ما بدا أنه غير قابل للتفسير العلمي، تستطيع أن تستنتج بمنتهي الاطمئنان واحدا من أمرين: إما أنه لم يحدث في الواقع (الملاحظ أخطأ، أو كان يكذب، أو كان ضحية خدعة)؛ أو أن لدينا قصورا من نوع ما في علومنا الراهنة. وإذا ما ووجهتْ علوم هذه الأيام بملاحظة، أو نتيجة تجريبية، تعذر عليها تفسيرها، حينئذ لا ينبغي علينا أن ننعم بالراحة حتى نقوم بتطوير علومنا كي تتمكن من توفير التفسير الصحيح. وإذا تطلب ذلك نوعًا جديدًا جذريًّا من العلوم، علمًا ثوريًّا بالغ الغرابة، حتى إن العلماء القدماء لا يسلمون به كعلْم إلا بشق الأنفس، فلا ضير على الإطلاق من ذلك أيضا. فقد حدث هذا في عهود سابقة. بيد أنه عليك ألا تكون كسولا بما يكفي ـ منهزمًا بما يكفي، جبانًا بما يكفي ـ لتقول «لابد أنه وضع فوق طبيعي» أو «لابد أنها

معجزة». بدلا من ذلك فلتقل إنه وضع محيِّر، غريب، إنه تحدٍّ يجب علينا أن نرتفع لمستواه. وسواء ارتفعنا لمستوى التحدي باستقصاء الحقيقة من المشاهدات، أو عن طريق توسيع مجالات علومنا في اتجاهات جديدة ومثيرة، فإن الاستجابة الصحيحة والشجاعة لأي تحدٍّ كهذا تتمثل في مصارعته وجهًا لوجه. وحتى نجد إجابة مناسبة لهذا الغموض، علينا أن نقولها بصراحة تامة: «هذا شيء لم نتوصل لفهمه حتى الآن، لكننا نعمل عليه». في الحقيقة هذا هو الشيء الصحيح الواجب عمله.

المعجزات، والسحر، والأساطير ـ باستطاعتها أن تبعث على التسلية، ولقد تسلينا بها على طول صفحات هذا الكتاب. وكلُّ الناس تحب القصص الجيدة، وأملي أن تكونوا قد استمتعتم بالعلوم التي جاءت في أعقاب الأساطير. وأملي أن توافقوا على أن الحقيقة تنطوي على سحر خاص بها. إن الحقيقة أكثر سحرًا ـ بالمعنى الأفضل والأكثر إثارة للكلمة ـ من أي أسطورة أو لغز مصنوع أو معجزة. للعلم سحره النابع منه: إنه «سحر الواقع».

عن المؤلف

ريتشارد داوكينز، بريطاني وُلد في كينيا عام 1941، وهو عالم في بيولوجيا التطور، ومن أهم أعماله:

- The Selfish Gene.
- The Extended Phenotype.
- The Blind Watchmaker.
- River Out of Eden.
- Climbing Mount Improbable.
- Unweaving the Rainbow.
- A Devil's Chaplain.
- The Ancestor's Tale.
- The God Delusion.
- The Greatest Show on Earth.

عن المترجم

عنان علي الشهاوي، بكالوريوس علوم فيزياء نظرية، صحافي، من أهم ترجماته:

ـ شتاء في يوليو، مجموعة قصصية لـ دوريس ليسنج، 1990.

ـ الفهد جورج، مجموعة قصصية لـ دوريس ليسنج، 2004.

ـ الأصول الاجتماعية والثقافية لحركة عرابي في مصر، جوان كول، 2002.

ـ معجم تاريخ مصر، جوان فوتشر كنج، 2003.

ـ الأصول الاجتماعية للسياسة التوسعية لمصر في عهد محمد علي، ألفرد لوسون، 2005.

ـ التعالق.. أكبر لغز في الفيزياء، أمير أكزيل، 2008.

ـ فيزياء العقل البشرى والعالم من منظورين، ستيفن واينبرج، 2009.

ـ أحلام النظرية النهائية، روجر بنروز، 2009.

ـ موسوعة أساسيات الحياة، مؤسسة ماكجروهيل، 2010.

الكشّاف



يتميّز هذا الكتاب بقوة وسلاسة العبارة.
عمل كلاسيكي أمين وكاشف، يتخطى
الاختلافات العمرية.

التايمز

تأريخ فاتن للعلم، متجاوز للمألوف.

صنداى تايمز

ظهور مذهل...الكتاب انتصار.

نيو ساينتيست

تفسير غير عادي...لا يمكن تصور أن هناك ما هو أفضل،
أو أبسط منه، كمقدّمة للعلوم.

الجارديان

لعل هذا الكتاب هو المطلوب تحديدا لزيادة الرغبة
في المعرفة العلمية لدى القرّاء من كافة الأعمار.

بابلشرز ويكلى

الكتاب مقنع أيّا كان عمر القارئ...

الفاينانشيال تايمز

الغلاف: محمد سيد

التنوير
لبنان - مصر - تونس
www.dar-altanweer.com
ISBN 978-9953-582-48-1
9 789953 582481